

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Departamento de Engenharia Civil

**A INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA EM IGREJAS  
CATÓLICAS, ATRAVÉS DE ANÁLISES DE CARÁCTER  
OBJECTIVO E SUBJECTIVO**

Margarida Maria Mendes de Freitas de Queiroz e Lencastre

Licenciada em Engenharia Civil pela Faculdade de  
Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos  
do grau de mestre em Engenharia Civil  
(Área de especialização de Construção de Edifícios)

Dissertação realizada sob a supervisão do  
Professor Doutor A. P. Oliveira de Carvalho  
do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia  
da Universidade do Porto

Porto, Setembro de 1988

## RESUMO

Pretendeu-se com este estudo relacionar a arquitectura interior das igrejas com as condições acústicas registadas, relativamente à inteligibilidade da palavra e obter relações justificativas da sua variabilidade. A avaliação desta característica acústica foi desenvolvida em 31 igrejas através de análises e parâmetros de carácter objectivo e subjectivo por:

- Medição do parâmetro RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*), estando a fonte sonora colocada à frente do altar (posição de referência), no ambão (com o sistema de instalação sonora activo) e no púlpito;
- Realização de testes com discurso ao vivo, o "*PB Test*", havendo necessidade de elaborar 31 listas de palavras foneticamente balanceadas, uma por igreja, expressamente para o efeito.

Através de procedimentos estatísticos,

- Confirmou-se que o RASTI é um parâmetro útil para avaliar a inteligibilidade da palavra em língua Portuguesa, tendo-se encontrado uma equação de previsão em que o  $R^2$  é de 0.50;
- Analisou-se a relação entre os resultados obtidos nos testes subjectivos com 14 parâmetros arquitectónicos das igrejas, tendo-se definido uma equação linear com um  $R^2$  de 0.66. Igualmente se analisou a relação existente entre os resultados dos testes subjectivos, o RASTI e catorze parâmetros arquitectónicos, tendo-se obtido uma função de transferência ( $R^2$  de 0.68);
- Indagou-se também sobre o modo como o comportamento acústico das igrejas na óptica da inteligibilidade da palavra varia com os estilos arquitectónicos das mesmas;
- Verificou-se que a distância do auditor à fonte sonora influencia directamente o grau de inteligibilidade da palavra, variando na razão inversa, tendo-se definido uma equação de previsão;
- Analisou-se o efeito da transferência da emissão sonora do altar para o púlpito concluindo-se que só beneficia os ouvintes localizados nas posições centrais da igreja, mais próximas do púlpito;
- Averiguou-se sobre a contribuição dos sistemas de apoio electro-acústico instalados nas igrejas para um melhoramento da inteligibilidade da palavra e concluiu-se que existe um aumento médio de cerca de 7% sobre os valores do RASTI obtidos sem instalação sonora;
- Determinou-se o efeito da presença de pessoas no interior da igreja, podendo afirmar-se que a sua ocupação plena corresponde a um aumento de cerca de 6% no RASTI;
- Através da implementação de um inquérito averiguou-se relativamente à diferença de resultados entre as respostas do grupo de auditores e o público real, sobre a qualidade acústica das igrejas estudadas na óptica da inteligibilidade da palavra, tendo-se encontrado uma função de transferência entre os valores resultantes do inquérito e os resultados dos testes subjectivos.

## ABSTRACT

This study presents a research regarding speech intelligibility in churches, using objective and subjective parameters.

Two methods were used in the 31 churches:

- Evaluation of the RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*) emitting from three different positions within the churches (altar and pulpit);
- Evaluation of live speech tests (PB tests).

Using statistical analysis it was found

- that RASTI is a useful parameter to evaluate intelligibility in Portuguese and a prediction equation was determined with a  $R^2$  of 0.50.
- that 14 architectural parameters can be used to build a prediction equation with  $R^2 = 0.66$  for PB tests.
- a prediction equation for the intelligibility regarding distance to sound source is achievable.
- the effect of the PA systems in the RASTI improvement and an average increase of 7% in the RASTI values was found.
- the effect of the presence of persons within the church and that RASTI improve about 6% in that situation.
- through the use of a questionnaire answered by the congregation during church services a transfer function was determined.

## RESUMÉ

Etant donné qu'il s'agit d'un thème encore peu développé, l'intention de cette étude est d'établir un rapport entre l'architecture intérieure et les conditions acoustiques enregistrées, relativement à l'intelligibilité de la parole et d'obtenir des rapports justificatifs de la variabilité de l'intelligibilité de la parole. L'évaluation de cette caractéristique acoustique a été développée à travers des analyses et des paramètres de caractère objectif et subjectif:

- mesure du paramètre RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*), avec l'équipement de la marque "Brüel & Kjaer", la source sonore étant placée devant l'autel (position de référence), dans le lutrin (avec le système d'installation sonore actif) et dans la chaire.
- réalisation de tests avec discours sur le vif, le "*PB Test*", pour lequel il est nécessaire d'élaborer 31 listes de mots balancés, une par église, expressément à cet effet.
- Il a été confirmé que le RASTI est un paramètre utile pour évaluer l'intelligibilité de la parole en langue Portugaise, on a trouvé une équation de prévision dont le carré du coefficient de corrélation est de 0.50 ( $P80_{100} = -62.224(\text{RASTI-L'autel})^2 + 88.652(\text{RASTI-L'autel}) + 48.089$ ).
- On a analysé le rapport entre les résultats avec 14 paramètres architectoniques des églises, ayant défini une équation linéaire avec un  $R^2$  de 0.659. On a également analysé le rapport existant entre les résultats des tests subjectifs, le RASTI et quatorze paramètres architectoniques, et on a obtenu une fonction de transfert ( $R^2$  de 0.68).
- On s'est interrogé aussi sur la façon dont le comportement acoustique des églises dans l'optique de l'intelligibilité de la parole varie avec leurs styles architectoniques.
- On a vérifié que la distance entre l'auditeur et la source sonore influence directement le degré d'intelligibilité de la parole, variant en raison inverse, une équation de prévision ayant été définie.
- On a analysé l'effet de transfert de l'émission sonore de l'autel jusqu'à la chaire en concluant que seuls les auditeurs placés dans les positions centrales les plus proches de la chaire en bénéficiaient.
- On a vérifié la contribution des systèmes d'appui électro-acoustiques installés dans les églises, pour une amélioration de l'intelligibilité de la parole et on a conclu qu'il existe une augmentation moyenne de près de 10% sur les valeurs RASTI obtenus sans installation sonore, en valeur absolue.
- On a déterminé l'effet de la présence de personnes à l'intérieur de l'église, ce qui permet d'affirmer que son occupation totale correspond à une augmentation absolue de près de 2% dans la valeur des résultats.
- A travers la réalisation d'une enquête on a vérifié par rapport à la différence de résultats entre les réponses du groupe d'auditeurs et le public réel, la qualité acoustique des églises étudiées dans l'optique de l'intelligibilité de la parole, on a trouvé une fonction de transfert entre des valeurs résultant de l'enquête et les résultats des tests subjectifs.

## PREFÁCIO

A Acústica de Edifícios tem vindo a assumir maior importância como tema a estudar na fase de projecto de construções novas ou na reabilitação de edifícios já existentes.

Encontrando-se já divulgada vasta informação relativa ao comportamento e características acústicas de grandes auditórios, salas de espectáculo ou salas de aulas, tal não se verifica com a investigação científica sobre a acústica arquitectónica em igrejas. Estas representam uma importante tipologia de edifícios, com características de utilização bem específicas já que nelas coexistem a Palavra e a Música.

Por ser um tema ainda pouco desenvolvido e muito actual, pretendeu-se com este estudo relacionar a arquitectura interior com as condições acústicas registadas, relativamente à inteligibilidade da palavra. Para o efeito seleccionaram-se trinta e uma igrejas Portuguesas, de diferentes épocas de construção, detentoras de grande importância patrimonial, sendo na sua grande maioria monumentos classificados de interesse patrimonial.

Apesar de presentemente existir a possibilidade de recurso ao uso de instalações sonoras, o desempenho acústico das igrejas na óptica da inteligibilidade da palavra pode ser muito beneficiado com a arquitectura.

Pretende-se que as relações matemáticas definidas neste estudo, entre parâmetros acústicos e parâmetros arquitectónicos, possa vir a constituir útil instrumento de trabalho para projectistas, permitindo controlar assim o efeito das opções arquitectónicas no comportamento acústico do edifício.

## Agradecimentos

No fim do percurso que conduziu à elaboração deste trabalho, gostaria de expressar um particular agradecimento ao Professor Doutor António Pedro Oliveira de Carvalho, orientador exemplar, pelo inextinguível apoio que sempre me prestou, pela disponibilização de elementos bibliográficos e especialmente pelas sugestões e por todo o interesse demonstrado.

À Professora Doutora Maria da Graça Pinto, o meu agradecimento pela orientação na área da linguística e pelo apoio e encorajamento, sempre presentes.

Ao Doutor João Veloso pela disponibilidade e empenho com que me apoiou no domínio da linguística.

À Professora Doutora Maria de São Luís Fonseca e Castro o meu reconhecimento pelas orientações de ordem da linguagem e da cognição.

Ao Professor Luís Henrique Ferreira da Cunha Leite pela enorme disponibilidade e ajuda na condução das experiências.

Ao Senhor Arquitecto António Prata pelo empenho e apoio na programação dos testes de campo.

Aos alunos da ESMAE pela valiosa colaboração prestada na recolha de dados.

Ao Engenheiro António Eduardo Costa pela contribuição na realização dos estudos exploratórios.

A todos os responsáveis pelas igrejas estudadas em especial ao Revm<sup>o</sup> Doutor Joaquim Fonseca, Pároco da Igreja de S. João Baptista, no Porto, pela colaboração, interesse e dedicação que demonstrou por esta investigação.

São também devidos agradecimentos a todo o pessoal das Igrejas visitadas, pela ajuda livremente dada em todas as ocasiões.

Ao IPPAR pelo interesse demonstrado no desenvolvimento desta investigação e pela cedência de informação e documentação desenhada.

À DGEMN pela cedência de reproduções de peças desenhadas.

Finalmente agradeço à minha Família, a quem dedico esta tese.

Porto, 28 de Setembro de 1998

Margarida Maria Mendes de Freitas de Queiroz e Lencastre

# ÍNDICE

<b>RESUMO</b>	<b>2</b>
<b>PREFÁCIO</b>	<b>5</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJECTIVOS</b>	<b>18</b>
2.1 FORMULAÇÃO DA TESE	18
2.2 OBJECTIVOS	18
2.3 BREVE DESCRIÇÃO DO TRABALHO	19
<b>3 BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO</b>	<b>22</b>
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>25</b>
4.1 TESTES SUBJECTIVOS DE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA	25
4.1.1 INTRODUÇÃO	25
4.1.2 TESTES DE ARTICULAÇÃO	26
4.1.3 SELECÇÃO DA POPULAÇÃO ESTATÍSTICA	31
4.1.3.1 Selecção das Igrejas	31
4.1.3.2 Selecção dos auditores	34
4.1.3.3 Selecção do emissor	35
4.1.4 ELABORAÇÃO DAS LISTAS DE PALAVRAS A UTILIZAR NOS TESTES	36
4.1.5 MÉTODO	39
4.1.5.1 Condições do espaço interior	39
4.1.5.2 Posicionamento da fonte sonora	39

4.1.5.3	Localização dos auditores.....	40
4.1.5.4	Avaliação da Inteligibilidade da Palavra .....	43
<b>4.2</b>	<b>MEDIÇÃO OBJECTIVA DA INTELIGIBILIDADE.....</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS.....</b>	<b>50</b>
<b>5.1</b>	<b>INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA - TESTES SUBJECTIVOS .....</b>	<b>50</b>
5.1.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA GLOBAL .....	50
5.1.2	SELECÇÃO ENTRE <i>P80_100</i> OU <i>P83_100</i> .....	53
5.1.2.1	Usando todos os dados.....	54
5.1.2.2	Usando os dados de todas as Igrejas relativos a cada posição .....	54
5.1.3	ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE <i>P80_100</i> .....	55
5.1.4	ANÁLISE DE <i>P80_100</i> COM A DISTÂNCIA À FONTE SONORA (ALTAR) .....	56
<b>5.2</b>	<b>RASTI.....</b>	<b>57</b>
5.2.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA GLOBAL .....	57
5.2.1.1	RASTI-Altar .....	60
5.2.1.2	RASTI Instalação Sonora .....	63
5.2.1.3	RASTI Púlpito .....	67
5.2.2	CORRELAÇÃO ENTRE <i>RASTI-ALTAR</i> , <i>RASTI-INSTALAÇÃO-SONORA</i> E <i>RASTI-PÚLPITO</i> ....	71
5.2.2.1	PÚLPITO .....	74
5.2.2.2	INSTALAÇÃO SONORA .....	77
<b>5.3</b>	<b>RELAÇÃO ENTRE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA E RASTI.....</b>	<b>82</b>
<b>5.4</b>	<b>RELAÇÃO ENTRE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA E PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS.....</b>	<b>85</b>
5.4.1	OBJECTIVOS.....	85
5.4.2	PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS.....	85
5.4.3	RELAÇÃO ENTRE <i>P80_100</i> E OS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS.....	87
<b>5.5</b>	<b>RELAÇÃO ENTRE RASTI E PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS.....</b>	<b>94</b>
<b>5.6</b>	<b>RELAÇÃO ENTRE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA, RASTI E PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS.....</b>	<b>99</b>
<b>5.7</b>	<b>RELAÇÃO ENTRE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA E ESTILOS ARQUITECTÓNICOS.....</b>	<b>104</b>
<b>5.8</b>	<b>RASTI IGREJA OCUPADA .....</b>	<b>108</b>
5.8.1	OBJECTIVO.....	108
5.8.2	METODOLOGIA .....	109
5.8.3	RESULTADOS OBTIDOS .....	110



<b>5.9</b>	<b>INQUÉRITO PÚBLICO.....</b>	<b>113</b>
5.9.1	OBJECTIVO.....	113
5.9.2	METODOLOGIA .....	113
5.9.3	RESULTADOS OBTIDOS .....	115
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>120</b>
<b>7</b>	<b>PISTAS PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....</b>	<b>129</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>130</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>133</b>
	<b>ANEXO A – DOCUMENTAÇÃO GRÁFICA SOBRE AS 31 IGREJAS ESTUDADAS</b>	<b>134</b>
	<b>ANEXO B – LISTA DAS 600 PALAVRAS EMPREGUES</b>	<b>166</b>
	<b>ANEXO C – LISTA DAS PSEUDO-PALAVRAS</b>	<b>172</b>
	<b>ANEXO D – TRINTA E UMA LISTAS DE PALAVRAS UTILIZADAS NOS TESTES</b>	<b>174</b>
	<b>ANEXO E – FICHA PARA REGISTO DE RESPOSTA DOS TESTES OBJECTIVOS</b>	<b>191</b>
	<b>ANEXO F – FICHA PARA REGISTO DA MEDIÇÃO DO RASTI</b>	<b>193</b>
	<b>ANEXO G – RESULTADOS MÉDIOS DOS TESTES OBJECTIVOS E SUBJECTIVOS</b>	<b>195</b>
	<b>ANEXO H – VALORES DOS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS</b>	<b>200</b>
	<b>ANEXO I – ESTILOS ARQUITÉCTÓNICOS EM QUE AS IGREJAS SE ENQUADRAM</b>	<b>204</b>
	<b>ANEXO J – FICHA DE INQUÉRITO</b>	<b>206</b>

## ÍNDICE DE QUADROS

•	QUADRO 4.1 - LISTA DAS IGREJAS ESTUDADAS.....	33
---	-----------------------------------------------	----

• QUADRO 4.2 - RELAÇÃO DO GRUPO DE AUDITORES QUE PARTICIPOU NA RECOLHA DE DADOS DE CAMPO.....	35
• QUADRO 4.3 - NÚMERO DE PALAVRAS UTILIZADAS NOS TESTES, AGRUPADAS POR NÚMERO DE SÍLABAS.....	37
• QUADRO 4.4 - DISTÂNCIA (M) DE CADA UM DOS GRUPOS DE AUDITORES À FONTE SONORA. ....	42
• QUADRO 4.5 - TABELA DE CONVERSÃO DO VALOR DO RASTI NUMA ESCALA DE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA. ....	47
• QUADRO 5.1 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DOS PARÂMETROS SUBJECTIVOS ( <i>P83_100</i> E <i>P80_100</i> ) PARA TODAS AS POSIÇÕES ( VALORES MÉDIOS EM CADA POSIÇÃO <i>A</i> , <i>B</i> , <i>C</i> E <i>D</i> DAS 31 IGREJAS: 124 VALORES MÉDIOS).....	51
• QUADRO 5.2 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DOS PARÂMETROS SUBJECTIVOS ( <i>P83_100</i> E <i>P80_100</i> ) PARA OS VALORES MÉDIOS REGISTRADOS EXCLUSIVAMENTE NAS POSIÇÕES <i>A</i> (31 IGREJAS: 31 VALORES MÉDIOS).....	51
• QUADRO 5.3 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DOS PARÂMETROS SUBJECTIVOS PARA OS VALORES MÉDIOS REGISTRADOS EXCLUSIVAMENTE NAS POSIÇÕES <i>B</i> (31 IGREJAS - 31 VALORES MÉDIOS).....	52
• QUADRO 5.4 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DOS PARÂMETROS SUBJECTIVOS ( <i>P83_100</i> E <i>P80_100</i> ) PARA OS VALORES MÉDIOS REGISTRADOS EXCLUSIVAMENTE NAS POSIÇÕES <i>C</i> (31 IGREJAS - 31 VALORES MÉDIOS).....	52
• QUADRO 5.5 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DOS PARÂMETROS SUBJECTIVOS ( <i>P83_100</i> E <i>P80_100</i> ) PARA OS VALORES MÉDIOS REGISTRADOS EXCLUSIVAMENTE NAS POSIÇÕES <i>D</i> (31 IGREJAS - 31 VALORES MÉDIOS).....	52
• QUADRO 5.11 - EQUAÇÕES DE RELAÇÃO DE <i>P80_100</i> COM <i>P83_100</i> E COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO RESPECTIVO, USANDO OS DADOS CORRESPONDENTES A CADA UMA DAS QUATRO POSIÇÕES <i>A</i> , <i>B</i> , <i>C</i> E <i>D</i> .....	55
• QUADRO 5.7 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DO RASTI (MEDIDO NAS POSIÇÕES <i>A</i> , <i>B</i> , <i>C</i> E <i>D</i> DAS 31 IGREJAS: 124 VALORES MÉDIOS PARA OS PARÂMETROS <i>RASTI-ALTAR</i> E <i>RASTI-INSTALAÇÃO-SONORA</i> E 76 VALORES MÉDIOS PARA O <i>RASTI-PÚLPITO</i> ). ....	58
• QUADRO 5.8 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DO PARÂMETRO RASTI PARA OS DADOS REGISTRADOS EXCLUSIVAMENTE NA POSIÇÃO <i>A</i> (31 IGREJAS: 31 VALORES MÉDIOS).....	58
• QUADRO 5.9 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DO PARÂMETRO RASTI PARA OS DADOS REGISTRADOS EXCLUSIVAMENTE NA POSIÇÃO <i>B</i> (31 IGREJAS: 31 VALORES MÉDIOS).....	59
• QUADRO 5.10 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DO PARÂMETRO RASTI PARA OS DADOS REGISTRADOS EXCLUSIVAMENTE NA POSIÇÃO <i>C</i> (31 IGREJAS: 31 VALORES MÉDIOS). ....	59
• QUADRO 5.11 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DO PARÂMETRO RASTI PARA OS DADOS REGISTRADOS EXCLUSIVAMENTE NA POSIÇÃO <i>D</i> (31 IGREJAS: 31 VALORES MÉDIOS). ....	59

• QUADRO 5.12 - LISTA DAS IGREJAS ESTUDADAS DETENTORAS DE PÚLPITO. ....	69
• QUADRO 5.13 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ( $ R $ PARA UMA RELAÇÃO LINEAR ) ENTRE OS TRÊS RASTI UTILIZADOS NOS ENSAIOS DE CAMPO.....	71
• QUADRO 5.14 - FACTOR DE MELHORAMENTO DO RASTI ( $FM$ ) CONSIDERANDO TODAS AS POSIÇÕES.....	80
• QUADRO 5.15 - FACTOR DE MELHORAMENTO DO RASTI ( $FM$ ) CONSIDERANDO APENAS AS POSIÇÕES <i>B</i> , <i>C</i> E <i>D</i> .....	81
• QUADRO 5.16 - COEFICIENTE $R^2$ DAS RELAÇÕES ENTRE $P_{80}$ E RASTI, PARA OS QUATRO MODELOS DE AJUSTE MATEMÁTICO.....	82
• QUADRO 5.17 - DESCRIÇÃO DOS CATORZE PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS CONSIDERADOS.....	86
• QUADRO 5.18 - DADOS ESTATÍSTICOS SIMPLES DOS CATORZE PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS. ....	86
• QUADRO 5.19 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ( $R$ ) ENTRE CADA UM DOS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E O PARÂMETRO ACÚSTICO SUBJECTIVO $P_{80\_100}$ .....	87
• QUADRO 5.20 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ( $R$ ) ENTRE OS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E O PARÂMETRO ACÚSTICO SUBJECTIVO $P_{80\_100}$ POR POSIÇÃO DE MEDIÇÃO.....	88
• QUADRO 5.21 - MODELOS SIMPLES, NÃO LINEARES, DE AJUSTE ENTRE $P_{80\_100}$ E CADA UM DOS CATORZE PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS (TODAS AS POSIÇÕES).....	91
• QUADRO 5.22 - EQUAÇÕES DE PREVISÃO PARA $P_{80\_100}$ EM FUNÇÃO DE PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS .....	94
• QUADRO 5.23 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ( $R$ ) ENTRE OS CATORZE PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E O RASTI (FONTE SONORA NO ALTAR).....	95
• QUADRO 5.24 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON ( $R$ ) ENTRE OS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS E O PARÂMETRO ACÚSTICO $RASTI\_ALTAR$ , POR POSIÇÃO DE MEDIÇÃO.....	96
• QUADRO 5.25 - MELHORES MODELOS SIMPLES E NÃO LINEARES (LOGARÍTMICOS E QUADRÁTICOS) DE PREVISÃO ENTRE O RASTI (FONTE SONORA NO ALTAR) E PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS. ....	97
• QUADRO 5.26 - EQUAÇÕES DE PREVISÃO PARA $P_{80\_100}$ EM FUNÇÃO DE $RASTI\_ALTAR$ E PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS.....	102
• QUADRO 5.27 - VARIAÇÃO DA INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA COM A ALTERAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO.....	103
• QUADRO 5.28 - EFEITO DOS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS NA INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA.....	104

- QUADRO 5.29 - MODELOS SIMPLES DE AJUSTE ENTRE *P80\_100* E A DISTÂNCIA À FONTE SONORA, CONTROLADOS POR ESTILOS ARQUITECTÓNICOS. .... 108
- QUADRO 5.30 - RESULTADOS DOS TESTES DE MEDIÇÃO DO RASTI NA IGREJA DE SÃO JOÃO BAPTISTA (PORTO) OCUPADA. .... 110
- QUADRO 5.31 - MÉDIA GLOBAL PONDERADA DOS RESULTADOS DOS INQUÉRITOS OBTIDOS EM CADA UMA DAS IGREJAS ESTUDADAS. .... 115

## ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 4.1 - CURVAS QUE REPRESENTAM A INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA FUNÇÃO DO PARÂMETRO ACÚSTICO ARTICULATION INDEX. AS CURVAS REFEREM-SE A DIFERENTES TIPOS DE MATERIAL DE TESTE DE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA. .... 29
- FIGURA 4.2 - POSICIONAMENTO TÍPICO DA FONTE SONORA. .... 40
- FIGURA 4.3 - LOCALIZAÇÃO TÍPICA DOS QUATRO GRUPOS DE AUDITORES NO INTERIOR DA IGREJA. .... 41
- FIGURA 4.4 - EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO DO PARÂMETRO RASTI, DESENVOLVIDO PELA "BRÜEL & KJÆR". .... 46
- FIGURA 5.1 - RELAÇÃO ENTRE AS AVALIAÇÕES FEITAS SOBRE O PARÂMETRO SUBJECTIVO *INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA* QUANTIFICANDO AS RESPOSTAS CERTAS PARA TODOS OS VALORES REGISTADOS, CONSIDERANDO APENAS AS 80 PALAVRAS (*P80\_100*) OU CONSIDERANDO AS 80 PALAVRAS MAIS AS 3 PSEUDO-PALAVRAS (*P83\_100*). .... 54
- FIGURA 5.2 - *P80\_100* EM TODAS AS IGREJAS. .... 56
- FIGURA 5.3 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DO PARÂMETRO SUBJECTIVO INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA *P80* E A DISTÂNCIA DO AUDITOR AO ALTAR, LOCALIZAÇÃO DA FONTE SONORA. .... 57
- FIGURA 5.4 - VARIAÇÃO DOS VALORES DO PARÂMETRO *RASTI-ALTAR* CONSIDERANDO AS 31 IGREJAS ESTUDADAS. .... 60
- FIGURA 5.5 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DO PARÂMETRO *RASTI-ALTAR* E A POSIÇÃO EM QUE FOI TOMADA A MEDIDA, CONSIDERANDO AS 31 IGREJAS. .... 62
- FIGURA 5.6 - ANÁLISE DA VARIAÇÃO DOS VALORES DO PARÂMETRO *RASTI-ALTAR* COM A DISTÂNCIA AO ALTAR (DISTÂNCIA ENTRE A FONTE SONORA E O RECEPTOR), CONSIDERANDO TODOS OS VALORES DAS 31 IGREJAS. .... 63
- FIGURA 5.7 - VARIAÇÃO DOS VALORES DO PARÂMETRO *RASTI-INSTALAÇÃO-SONORA* CONSIDERANDO AS 31 IGREJAS ESTUDADAS. .... 64
- FIGURA 5.8 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DO PARÂMETRO *RASTI-INSTALAÇÃO-SONORA* E A POSIÇÃO EM QUE FOI TOMADA A MEDIDA, CONSIDERANDO AS 31 IGREJAS. .... 65

- FIGURA 5.9 - MODELO TÍPICO DA COLOCAÇÃO DA INSTALAÇÃO SONORA NAS IGREJAS PORTUGUESAS. .... 66
- FIGURA 5.10 - ANÁLISE DA VARIAÇÃO DOS VALORES DO PARÂMETRO *RASTI-INSTALAÇÃO-SONORA* COM A DISTÂNCIA AO ALTAR. .... 67
- FIGURA 5.11 - VARIAÇÃO DOS VALORES DO PARÂMETRO *RASTI-PÚLPITO* CONSIDERANDO AS 19 IGREJAS ESTUDADAS, QUE DISPÕEM DE PÚLPITO. .... 68
- FIGURA 5.12 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DO PARÂMETRO *RASTI-PÚLPITO* E A POSIÇÃO EM QUE FOI TOMADA A MEDIDA, CONSIDERANDO AS 19 IGREJAS COM PÚLPITO. .... 70
- FIGURA 5.13 - RELAÇÃO ENTRE O VALOR DO *RASTI-PÚLPITO* E A DISTÂNCIA DO RECEPTOR À FONTE SONORA (VALORES NEGATIVOS REPRESENTAM DISTÂNCIAS EM DIRECÇÃO AO ALTAR). .... 70
- FIGURA 5.14 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DO RASTI RESULTANTES DA FONTE SONORA POSICIONADA NO PÚLPITO E NO ALTAR. .... 72
- FIGURA 5.15 - *RASTI-ALTAR / RASTI-PÚLPITO*. .... 72
- FIGURA 5.16 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DO RASTI RESULTANTES DA FONTE SONORA POSICIONADA NO AMBÃO, COM A INSTALAÇÃO SONORA ACTIVA E NO ALTAR (COM CURVA DE AJUSTE LOGARÍTMICA). .... 73
- FIGURA 5.17 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DO RASTI RESULTANTES DA INSTALAÇÃO SONORA ACTIVA E DA FONTE SONORA POSICIONADA NO PÚLPITO (COM CURVA DE AJUSTE QUADRÁTICA). .... 74
- FIGURA 5.18 - ANÁLISE DO GANHO DO RASTI (*RASTI PÚLPITO - RASTI ALTAR*) POR TRANSFERÊNCIA DA POSIÇÃO DA FONTE SONORA DO ALTAR PARA O PÚLPITO E A DISTÂNCIA AO ALTAR, TENDO POR BASE OS VALORES MEDIDOS NAS 19 IGREJAS DETENTORAS DE PÚLPITOS. .... 75
- FIGURA 5.19 - ANÁLISE DA CORRELAÇÃO EXISTENTE ENTRE O GANHO DO RASTI COM A TRANSFERÊNCIA DA POSIÇÃO DA FONTE SONORA DO PÚLPITO PARA O ALTAR E A DISTÂNCIA DO PÚLPITO AO RECEPTOR, TENDO POR BASE OS VALORES MEDIDOS NAS 19 IGREJAS DETENTORAS DE PÚLPITOS \_  $GANHO\ RASTI = (RASTI-PÚLPITO) - (RASTI-ALTAR)$ . .... 76
- FIGURA 5.20 - RELAÇÃO ENTRE A DIFERENÇA DOS VALORES DO RASTI RESULTANTES DA FONTE SONORA POSICIONADA NO PÚLPITO E NO ALTAR, COM A POSIÇÃO EM QUE FOI FEITA A MEDIÇÃO. .... 76
- FIGURA 5.21 - ANÁLISE DO GANHO DO RASTI COM A INSTALAÇÃO SONORA LIGADA, FACE À DISTÂNCIA AO ALTAR \_  $GANHO\ NO\ RASTI = (RASTI-INSTALAÇÃO-SONORA) - (RASTI\ ALTAR)$ . .... 78
- FIGURA 5.22 - RELAÇÃO ENTRE O GANHO DOS VALORES DO RASTI INST. SONORA/RASTI ALTAR, COM A POSIÇÃO DE MEDIÇÃO (A, B, C E D). .... 79

- FIGURA 5.23 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA RELAÇÃO PALAVRAS ( $P80$ ) VS.  $RASTI-ALTAR$ , COM CURVA DE AJUSTE QUADRÁTICA..... 83
- FIGURA 5.24 - DIFERENÇA ENTRE A RAZÃO DOS RESULTADOS DOS TESTES SUBJECTIVOS DE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA ( $P80_{100}$ ) E OS VALORES DO RASTI COM A FONTE SONORA NO ALTAR ( $RASTI-ALTAR$ ), PARA AS QUATRO POSIÇÕES REGISTRADAS..... 83
- FIGURA 5.25 - RAZÃO ENTRE OS RESULTADOS DOS TESTES SUBJECTIVOS DE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA ( $P80_{100}$ ) E OS VALORES DO RASTI COM A FONTE SONORA NO ALTAR, EM TODAS AS POSIÇÕES, AGRUPADAS POR POSIÇÃO A, B, C E D..... 84
- FIGURA 5.26 - AS QUATRO MELHORES RELAÇÕES ENTRE  $P80_{100}$  E OS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS. .... 89
- FIGURA 5.27 - RELAÇÃO, CONTROLADA POR POSIÇÃO, ENTRE O VALOR DE  $P80$  E ALGUNS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS, COM MELHOR COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO. .... 92
- FIGURA 5.28 - RELAÇÃO ENTRE O VALOR DE RASTI (FONTE SONORA NO ALTAR) E ALGUNS PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS, COM MELHOR COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO. .... 98
- FIGURA 5.29 - ANÁLISE DO EFEITO DOS ESTILOS ARQUITECTÓNICOS NO PARÂMETRO  $P80_{100}$  (INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA). OS DADOS UTILIZADOS SÃO OS RECOLHIDOS NAS 31 IGREJAS, NA POSIÇÃO DE RECEPTOR A, B, C E D, CORRESPONDENTES AOS VALORES MÉDIOS COM  $\pm 1$  ERRO PADRÃO DAS MÉDIAS PARA OS TESTES DE INTELIGIBILIDADE DE PALAVRAS. OS ESTILOS ARQUITECTÓNICOS APARECEM REFERIDOS POR ORDEM CRONOLÓGICA DA ESQUERDA PARA A DIREITA (1-ROMÂNICO, 2-GÓTICO, 3-BARROCO, 4-NEOCLÁSSICO, 5-CONTEMPORÂNEO). .... 106
- FIGURA 5.30 -  $P80_{100}$  VS. DISTÂNCIA À FONTE SONORA (ALTAR), EXCLUINDO AS POSIÇÕES EM CAMPO DIRECTO (A) COM AS CURVAS DOS MODELOS DE REGRESSÃO PARA CADA UM DOS ESTILOS ARQUITECTÓNICOS (1-ROMÂNICO, 2-GÓTICO, 3-BARROCO, 4-NEOCLÁSSICO, 5-CONTEMPOTÂNEO)..... 107
- FIGURA 5.31 - VALORES DO PARÂMETRO ACÚSTICO RASTI MEDIDO NA IGREJA DE SÃO JOÃO BAPTISTA (PORTO), EM QUATRO POSIÇÕES ( $A=7$  M,  $B=16$  M,  $C=23$  M E  $D=30$  M) NAS SITUAÇÕES DE IGREJA CHEIA E IGREJA VAZIA. .... 110
- FIGURA 5.32 - VARIAÇÃO NOS VALORES DO PARÂMETRO ACÚSTICO RASTI COM A OCUPAÇÃO DA IGREJA DE SÃO JOÃO BAPTISTA (PORTO), EM QUATRO POSIÇÕES ( $A=7$  M,  $B=16$  M,  $C=23$  M E  $D=30$  M)..... 111
- FIGURA 5.33 - VARIAÇÃO EM PORCENTAGEM DOS VALORES DO PARÂMETRO ACÚSTICO RASTI COM A OCUPAÇÃO DA IGREJA DE SÃO JOÃO BAPTISTA - PORTO, EM QUATRO POSIÇÕES ( $A=7$ M,  $B=16$ M,  $C=23$ M E  $D=30$ M )..... 112
- FIGURA 5.34 - RELAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DAS RESPOSTAS AO INQUÉRITO E OS RESULTADOS DOS TESTES SUBJECTIVOS DE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA ( $P80_{100}$ ). 117

- FIGURA 5.35 - RELAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DAS RESPOSTAS AO INQUÉRITO E OS VALORES DO RASTI OBTIDOS PARA AS IGREJAS COM A INSTALAÇÃO SONORA ACTIVA.. 118
- FIGURA 5.36 - REPRESENTAÇÃO DA FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA ENTRE OS RESULTADOS DAS RESPOSTAS AO INQUÉRITO, COM INSTALAÇÃO SONORA ACTIVA (INQ.) E OS VALORES DO RASTI OBTIDOS PARA AS IGREJAS COM A INSTALAÇÃO SONORA ACTIVA (*RASTI-INSTALAÇÃO-SONORA*)..... 118

# 1 INTRODUÇÃO

O estudo da inteligibilidade da palavra requer uma abordagem multidisciplinar, incluindo entre outras a acústica, anatomia, fisiologia, psicologia e linguística. Tendo por base a informação disponível sobre esta matéria, não muito avultada, especialmente no que respeita à língua portuguesa, pretendeu-se desenvolver e aprofundar esses estudos, de modo a tentar caracterizar a inteligibilidade da palavra e as relações existentes entre esta e as características arquitectónicas dos espaços em que o discurso é proferido.

Dado que, grande parte dos estudos acústicos em edifícios já elaborados nesta área se circunscrevem à temática dos grandes auditórios e a salas de espectáculos, entende-se ser igualmente necessário e útil abordar o universo das igrejas, por serem um tipo particular de edifícios com requisitos arquitectónicos e acústicos bastante específicos, constituindo um tipo de espaços com características de utilização muito próprias. Atendendo à tradição dos ritos católicos, nas igrejas coexistem a Palavra (actividades relacionadas com o discurso - leituras, homilia, preces, orações, etc.) e a Música (salmos para cantar, hinos litúrgicos, música contemplativa, etc.). Assim, esses espaços necessitam de reunir condições acústicas adequadas a estas diferentes características de utilização.

Possuindo Portugal um vastíssimo património religioso construído, de enorme dignidade e monumentalidade, com características arquitectónicas bem definidas e demarcadas no tempo, surgiu, como tarefa fácil, a eleição desse universo para selecção de uma amostra representativa para este estudo. As igrejas, do ponto de vista arquitectónico, foram evoluindo com certa lentidão, de acordo com os estilos das várias épocas, criando-se, deste modo, no decorrer dos séculos, um precioso património artístico construído. Para o estudo em referência, elegeram-se trinta e uma igrejas católicas do Norte de Portugal, representativas das mais importantes épocas de construção, com aspectos arquitectónicos bem diferenciados, passando pelo rude granito de uma igreja românica, à sumptuosidade das talhas douradas de alguns exemplares barrocos. Considera-se que esses trinta e um exemplares constituem uma amostra representativa da arquitectura religiosa de todo o país, sendo em número significativo e incluindo as épocas de construção com maiores diferenças em termos de arquitectura interior, dado que esse aspecto tem particular importância no âmbito deste estudo.



Os resultados decorrentes deste estudo, desenvolvido no âmbito das igrejas católicas portuguesas, poderão ser extrapolados às igrejas católicas de características semelhantes existentes noutros países espalhados pelo mundo e particularmente em países do Extremo Oriente, África e América Latina, onde a presença portuguesa deixou fortes marcas na cultura desses povos.

O *Concílio Vaticano II* (1965), com a reforma da Liturgia, deu maior atenção à participação de todos os fiéis nas celebrações litúrgicas, imprimindo grande importância às palavras pronunciadas no decurso das cerimónias religiosas. Consequentemente, para assegurar esta eficácia, uma das principais funções actualmente cometidas aos templos é, ou deveria ser, a de assegurar um ambiente favorável à percepção da palavra.

Na investigação já desenvolvida sobre a acústica de igrejas é mais frequente encontrarem-se estudos relacionados com a música do que com a palavra, talvez devido ao facto de as igrejas serem, cada vez mais, utilizadas como salas de concerto alternativas. Por ser um tema ainda pouco desenvolvido, pretendeu-se com este estudo relacionar a arquitectura interior com as condições acústicas registadas, relativamente à inteligibilidade da palavra.

## 2 OBJECTIVOS

### 2.1 *FORMULAÇÃO DA TESE*

A Acústica de Edifícios tem vindo a assumir papel importante, como uma especialidade a estudar na fase de projecto e/ou de reabilitação, sendo um dos requisitos de qualidade das construções. Constata-se presentemente a existência de vasta informação sobre o comportamento e características acústicas de determinados espaços públicos, como grandes auditórios, salas de espectáculo ou salas de aulas. Tal não acontece com a investigação científica sobre a acústica arquitectónica em igrejas, onde o estudo e desenvolvimento é muito menor. As igrejas representam um tipo particular de edifícios, com características de utilização muito específicas, onde coexistem a palavra e a música.

Tratando-se de um tipo particular de edifícios com requisitos arquitectónicos e acústicos muito próprios, no domínio da acústica, uma das maiores necessidades actuais das Igrejas é a de imprimir ao espaço interior, a faculdade de facilitar a comunicação verbal. Condições acústicas inadequadas originam problemas delicados, reduzindo a compreensão da palavra proferida durante as celebrações, fatigando os auditores e obrigando a um esforço suplementar dos oradores ou leitores, para se fazerem ouvir.

Em tempos primordiais, não existindo a possibilidade do recurso a instalações sonoras, a questão da qualidade da comunicação oral era deixada ao cuidado da arquitectura e do orador. De uma forma ou de outra ao longo dos tempos, foi-se abordando a temática, produzindo-se resultados bem diferenciados e de forma empírica.

A premissa de base deste estudo, conforme experiência comum, é que o desempenho acústico das Igrejas, face à inteligibilidade da palavra, é variável.

A Tese que se pretende demonstrar é a de que é possível analisar e quantificar a variabilidade da inteligibilidade da palavra em igrejas e obter relações justificativas dessa variabilidade.

### 2.2 *OBJECTIVOS*

O objectivo deste estudo foi o de continuar o programa de investigação em "Acústica de Igrejas"(P.O.-A.Carvalho, 1998), a decorrer no Laboratório de Acústica da Faculdade de

Engenharia da Universidade do Porto, analisando e investigando agora a área específica da inteligibilidade da palavra, através do uso de metodologia adequada e amostra representativa.

A avaliação desta característica acústica foi desenvolvida através de análises e parâmetros de carácter objectivo e subjectivo.

Pretendeu-se:

- Comparar os resultados obtidos pelos métodos objectivos e subjectivos, relacionando-os através de equações de previsão;
- Relacionar os resultados obtidos pelos métodos subjectivos e objectivos com os parâmetros arquitectónicos das igrejas;
- Analisar o efeito da distância entre a fonte sonora e os auditores na inteligibilidade da palavra;
- Analisar o efeito da transferência da emissão sonora do altar para o púlpito na inteligibilidade da palavra;
- Indagar sobre o modo como o comportamento acústico das igrejas na óptica da inteligibilidade da palavra varia com os estilos arquitectónicos das mesmas;
- Averiguar se os sistemas de apoio electro-acústico instalados nas igrejas estudadas, contribuem ou não para um efectivo melhoramento da inteligibilidade da palavra;
- Determinar o efeito da presença de pessoas no interior da igreja e analisar de que modo a ocupação plena deste tipo de espaço influencia o resultado das medições acústicas, na óptica da inteligibilidade da palavra;
- Averiguar sobre a existência de diferença de resultados entre as respostas do grupo de auditores utilizado nos testes subjectivos e o público real frequentador das igrejas.

### ***2.3 BREVE DESCRIÇÃO DO TRABALHO***

Para a elaboração deste estudo de investigação sobre o desempenho acústico das Igrejas em relação à inteligibilidade da palavra, seleccionaram-se trinta e uma igrejas portuguesas. O critério, que presidiu a esta escolha, foi o da época de construção associado à importância patrimonial de cada exemplar. Para que a amostra fosse considerada significativa, houve que eleger casos representativos das principais épocas da arquitectura religiosa.

Os ensaios base, utilizados para o desenvolvimento deste estudo, consistiram na execução de testes objectivos e subjectivos no interior de cada uma dessas igrejas.

A avaliação subjectiva obrigou à realização de testes de audição, com discurso ao vivo efectuados em cada igreja, com um mesmo grupo de pessoas. A metodologia adoptada para a preparação destes testes, baseou-se na norma técnica "Acoustics - The construction and calibration of speech intelligibility tests" (ISO, 1991). Em cada caso, o conjunto de auditores foi subdividido em quatro pequenos grupos, distribuídos ordenadamente em quatro posições pré-determinadas do espaço interior, correspondente à nave de cada igreja. Foram criteriosamente elaboradas trinta e uma diferentes listas de palavras, para serem lidas em cada uma das igrejas. Cada ouvinte foi submetido à audição sequencial de uma lista de oitenta e três palavras, lidas numa mesma frase portadora e teve por tarefa escrever as oitenta e três palavras à medida que as mesmas lhe foram lidas e de forma exactamente igual à percebida. Este registo foi feito em ficha própria, previamente fornecida a cada elemento.

A avaliação foi efectuada de modo objectivo, através da medição do parâmetro RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*).

O parâmetro RASTI foi medido em cada uma das quatro posições anteriormente ocupadas pelos auditores, estando a fonte sonora colocada em três locais distintos:

- no altar;
- no púlpito;
- no ambão, com a instalação sonora activa.

Foram também desenvolvidos dois ensaios complementares: a medição do RASTI numa igreja ocupada e a implementação de um inquérito público aos frequentadores das igrejas estudadas.

Levou-se a efeito uma medição do RASTI numa das igrejas estudadas, ocupada durante uma missa dominical, a fim de determinar o efeito da presença de pessoas no interior da igreja e analisar de que modo a ocupação deste tipo de espaço influencia o resultado das medições acústicas, na óptica da inteligibilidade da palavra. O RASTI foi medido nas mesmas quatro posições de localização dos auditores durante a realização do teste subjectivo.

Implementaram-se inquéritos nas igrejas estudadas, com o fim de questionar os seus frequentadores sobre a qualidade auditiva em relação à respectiva localização no interior da Igreja. Foram inquiridos os frequentadores de cada Igreja durante uma ou mais missas dominicais. As impressões acústicas, avaliadas por cada auditor, registaram-se em questionário próprio, constituído por uma pequena ficha elaborada explicitamente para o efeito, que foi fornecida individualmente. Estes inquéritos foram levados a efeito de forma a permitir-se a comparação dos resultados obtidos cientificamente com as respostas directas do público.

A análise dos resultados foi desenvolvida recorrendo à utilização do programa de análise estatística SYSTAT<sup>®</sup>.

### 3 BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO

O comportamento acústico das Igrejas, não sendo um tema sobre o qual exista muita informação, em especial em relação à Inteligibilidade da Palavra, conta já com alguns trabalhos nesta área.

P. H. Parkin e J. H. Taylor (Parkin e Taylor, 1952) analisam diferentes sistemas electro-acústicos instalados em diferentes épocas na Catedral de St. Paul, Londres, estudando os resultados deles decorrentes para a inteligibilidade.

Auguste C. Raes e Gino G. Sacerdote (Raes e Sacerdote, 1953) determinaram experimentalmente alguns parâmetros acústicos e estudaram a influência de elementos arquitectónicos no comportamento acústico de duas basílicas de Roma: S. Giovanni in Laterano e S. Paolo Fuori le Mura.

David McCandless e R. N. Lane (McCandless e Lane, 1963) apresentam um tratamento que foi implementado nas paredes de uma igreja que tinha sido recentemente construída, St. Luke's Episcopal Church em Dallas, Texas de forma a melhorar a inteligibilidade da palavra.

R. S. Shankland e H. K. Shankland (Shankland e Shankland, 1971) fizeram medições e estudos acústicos na Basílica de S. Pedro, em Roma e compararam o seu comportamento acústico com o das Basílicas de S. João Luterano, S. Paulo Fora de Portas e Sta. Maria Maior.

Daniel Fitzroy (Fitzroy, 1973) que foi consultor acústico no projecto de construção da nova Catedral de St. Mary, San Francisco, descreve a forma como desenvolveu esse trabalho, as dificuldades sentidas e os resultados conseguidos relativamente ao comportamento acústico do edifício, incluindo o respeitante à inteligibilidade da palavra.

Emmanuel G. Tzekakis (Tzekakis, 1975) estudou a variação do tempo de reverberação da Igreja de Jorge de Salónica, Grécia, em três situações diferentes, correspondentes à de igreja ocupada, sem pessoas e sem pessoas nem bancadas. Esta igreja é um monumento do séc. IV e tem uma planta em forma octogonal.

Fearn R.W. (Fearn, 1975), desenvolveu um método para medir o tempo de reverberação e aplicou-o em igrejas espanholas, inglesas e francesas.

Glenn E. Meeks (Meeks, 1982) descreve um processo para dimensionamento de sistemas sonoros, inspirando-se nas modernizações que a música ministrada em igrejas Evangélicas Protestantes sofreu nos anos 70.

T. H. Lewers e J. S. Anderson (Lewers e Anderson, 1984) estudam o tempo de reverberação na Catedral de St. Paul, Londres, nas situações de igreja ocupada e vazia, utilizando diferentes métodos. Também desenvolvem testes de articulação para calcular a inteligibilidade da palavra, utilizando listas de palavras recomendadas por Beranek, lidas em frase portadora.

H. Marshall, C. W. Day e L. J. Elliott (Marshall, Day e Elliott, 1987) apresentam um estudo acústico desenvolvido para uma nova igreja da Assembleia de Deus, em Auckland, Nova Zelândia, em que o projecto da igreja sofreu diversas alterações atendendo à qualidade acústica que se pretendeu atingir.

M. Recuero Lopez e C. Gil Gonzalez (Lopez e Gonzalez, 1987), desenvolveram um estudo experimental sobre a acústica da igreja do Mosteiro de Santo Domingos de Silos, na cidade de Burgos, em Espanha.

R. Hammad (Hammad, 1990) avalia o comportamento acústico de trinta mesquitas existentes na cidade de Amman, na Jordânia, através da análise dos resultados de ensaios de campo desenvolvidos, utilizando diferentes técnicas. Na avaliação entre outros parâmetros acústicos utiliza o STI (*Speech Transmission Index*) e o RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*). Embora este estudo não respeite a igrejas católicas, a metodologia nele empregue pode-lhes ser aplicável.

Juan J. Sendra, Teófilo Zamarreño e J. Navarro (Sendra, Zamarreño and Navarro, 1998) estudaram o comportamento acústico das igrejas gótico-mudejares de Espanha.

Enrico Dassori, Tiziana Ottonello e Andrea Trucco (Dassori, Ottonello e Trucco, 1998), avaliam a propagação do som musical em cinco igrejas antigas de Génova, Itália, com características arquitecturais e estruturais distintas, pertencentes aos séculos XI, XIV, XV e XIX. Esta análise foi desenvolvida através da elaboração de ensaios experimentais e do tratamento informático de alguns parâmetros acústicos, entre eles o STI.

A nível nacional é de realçar o trabalho desenvolvido por Oliveira de Carvalho (Carvalho, 1994) contemplando o estudo de 41 igrejas católicas portuguesas, através de medições acústicas de parâmetros objectivos e seu relacionamento com parâmetros arquitectónicos. Abordou a temática da inteligibilidade da palavra em igrejas mas unicamente através do uso do RASTI, analisando a sua correlação com outros parâmetros acústicos e arquitectónicos embora através de valores médios para cada igreja.

Existe também um trabalho desenvolvido por A. Morgado (Morgado, 1996) que analisa a acústica de 36 das igrejas anteriormente estudadas por Oliveira de Carvalho (1994), através de parâmetros subjectivos, essencialmente para análise do comportamento desses espaços

relativamente à música. Esse trabalho também aborda, ainda que brevemente, a inteligibilidade da palavra (foi nos capítulos de "desenvolvimentos futuros" que este estudo se orientou).

O presente trabalho desenvolve a análise ponto a ponto (e não com "valores médios" por igreja), entre a correspondência dos resultados dos testes de palavras e a medição do RASTI. Procuraram-se melhoramentos significativos na preparação dos testes com discurso ao vivo, aumentando-se o rigor na elaboração da lista de palavras que foi ampliada. Esse material deu origem a trinta e uma listas diferentes, que foram corrigidas e balanceadas. Procurou-se também que os testes subjectivos fossem estatisticamente mais relevantes, contando com um maior número de ouvintes. Para além disto considerou-se que a análise a desenvolver também devia abordar o efeito da instalação sonora e da ocupação da igreja. Entendeu-se ainda ser necessário comparar o comportamento do público real com o grupo de auditores utilizado nos testes subjectivos. Fez-se também a comparação entre os resultados acústicos obtidos com uma das igrejas ocupada e vazia.

Encontra-se presentemente em conclusão uma Tese de Mestrado (Dias, 1998) onde a acústica interior de uma igreja é abordada com rigor, exclusivamente no âmbito da música.



## 4 METODOLOGIA

### 4.1 *TESTES SUBJECTIVOS DE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA*

#### 4.1.1 Introdução

A definição comum de inteligibilidade corresponde à qualidade do que é inteligível, ou que se ouve bem, ou ainda que se entende bem. Harry Levitt e John C. Webster (Levitt e Webster, 1991) definem inteligibilidade da palavra como sendo o entendimento das palavras faladas.

A qualidade da comunicação verbal pode ser quantificada pela inteligibilidade da palavra. Esta quantificação corresponde à percentagem de palavras que é correctamente ouvida pelo auditor comum e pode ser medida directamente, através dos testes de inteligibilidade da palavra.

Grande parte das experiências referentes à qualidade da comunicação oral dependem da existência de uma técnica ajustada, para medir a inteligibilidade da palavra. Durante um discurso, os órgãos vocais humanos produzem ondas sonoras com diferentes características, como sejam distintos níveis de intensidade sonora, diferentes durações, distintas frequências fundamentais e diferentes componentes espectrais. Estas características têm importâncias distintas na inteligibilidade da palavra e existem vários métodos, aplicáveis aos testes de inteligibilidade da palavra, que se podem utilizar para descobrir a importância das mesmas.

Segundo Peter B. Denes e Elliot N. Pinson (Denes e Pinson, 1993) as primeiras experiências para avaliar a percepção do discurso datam de 1920 a 1940 e utilizaram o discurso natural para estabelecer as condições exigidas para a percepção do discurso. Desde então uma grande variedade de experiências foram desenvolvidas, designadamente para determinar o efeito da intensidade com que o som é proferido e a interferência do ruído de fundo existente na inteligibilidade da palavra e definir qual a gama de frequências geradas pelas cordas vocais que são essenciais para a percepção do discurso.

Actualmente, graças ao estudo desenvolvido por investigadores de diferentes áreas ligadas a esta temática, já se encontram estudadas metodologias e elaboradas normas técnicas que contêm detalhes sobre os procedimentos a aplicar nos testes de inteligibilidade da palavra, tipos de material a utilizar no teste, selecção e treino dos sujeitos, definição de níveis sonoros que o teste deve respeitar, etc. É o caso das Normas ANSI (ANSI S3.2, 1990) e ISO (ISO TR 4870 1991),

que se utilizam frequentemente para a preparação e desenvolvimento de testes de inteligibilidade da palavra. Entendendo-se que o cumprimento de procedimentos normativos é importante, dado que só desta forma é possível obter comparações e interrelações correctas entre os resultados obtidos em testes respeitantes a diferentes investigações, foram os mesmos respeitados neste trabalho.

#### 4.1.2 Testes de articulação

Genericamente os testes de avaliação da percepção de um discurso intitulam-se testes de articulação e correspondem a procedimentos que usam um conjunto específico de itens, para apresentação falada a um grupo de auditores que responde identificando o material do teste.

Nos testes de inteligibilidade da palavra há dois factores que têm importância primordial nos seus resultados. São o material empregue no teste e o tipo de respostas exigida aos auditores.

O material de teste usualmente utilizado pode ser de vários tipos:

- sílabas sem sentido (sons de discurso);
- palavras;
- frases.

O tipo de respostas utilizado com mais frequência, corresponde a um de dois formatos de teste:

- os testes de resposta fechada;
- os testes de respostas livres.

Nos testes de resposta fechada o auditor é confrontado com um número finito de alternativas de resposta, sendo-lhe solicitado que seleccione a resposta certa da lista que lhe é apresentada. Exemplos mais conhecidos deste tipo de teste são o "*Diagnostic Rhyme Test*" (Voiers, 1977) e o "*Modified Rhyme Test*" (House, 1965).

O "*Diagnostic Rhyme Test*" (DRT) é muito utilizado para caracterizar a inteligibilidade de um sistema electro-acústico. O material do teste consiste em vários pares de palavras monossilábicas, em rima, seleccionadas de modo a diferirem apenas na consoante inicial. Estas diferenças são caracterizadas em seis diferentes aspectos. Cada uma desses seis aspectos fornece informação necessária à elaboração de um diagnóstico sobre as deficiências constatadas no sistema. Estes seis aspectos são medidos em conjunto, de modo a calcular-se uma medida total da inteligibilidade do sistema.

Os auditores têm a função de responderem aos estímulos, indicando qual das duas palavras rimadas que lhes são apresentadas foi a anteriormente lida.

Pode também utilizar-se uma derivação deste método, utilizando pares de palavras bissilábicas, seleccionadas de forma a diferirem apenas na consoante intermédia. São os vulgarmente designados "*Diagnostic Medial Consonant Test*" (DMCT).

Uma terceira derivação do DRT, consiste na selecção de pares de palavras monossilábicas que diferem apenas na consoante final. São os "*Diagnostic Alliteration Test*" (DALI).

O material utilizado no teste "*Modified Rhyme Test*" (MRT) são séries de seis palavras monossilábicas em rima, seleccionadas metade para diferirem na consoante inicial e a outra metade na consoante final. A função dos auditores é responder ao estímulo, indicando, das seis palavras que lhe foram apresentadas rimadas, qual foi a lida.

Nos testes de respostas livres, o auditor dá uma resposta que julgue ser igual à proferida, repetindo-a ou escrevendo-a. Um exemplo corrente deste tipo de teste é o teste tradicional para medir a inteligibilidade da palavra, o "*PB Test*", vulgarmente conhecido por "*test list*" (Levitt e Webster, 1991). O material empregue no teste consiste num número de itens criteriosamente seleccionados, apresentados e avaliados por especialistas. Para cada um dos testes a lista de itens deve ser estudada de forma a conter a mesma proporção das várias classes ou tipos de sons de discurso, com igual frequência de ocorrência com que aparecem num discurso normal. Os resultados destes testes são fortemente dependentes dos itens neles utilizados, sendo assim imprescindível que o material a utilizar no *PB test* ou *test list*, seja cuidadosamente seleccionado e trabalhado. Cada lista de sílabas sem sentido, palavras ou frases, deve conter todos os sons utilizados frequentemente numa língua e uma mesma lista não deve ser utilizada mais do que uma vez, quando o grupo de auditores é o mesmo.

Existem já disponíveis para determinadas linguagens, como a inglesa, listas em que a estrutura fonética dos seus elementos é preparada por especialistas, para serem utilizadas neste tipo de testes (Egan, 1948), (Hirsh, 1952), (Beranek, 1949). A estrutura fonética refere-se à frequência relativa com que ocorrem os diferentes sons e as respectivas posições relativas nas sílabas e palavras de uma determinada linguagem. Este material de teste é vulgarmente designado por "*PB lists*". As *PB lists* são listas foneticamente balanceadas, isto é, cada lista contém a mesma proporção das várias classes ou tipos de sons de discurso, com a mesma frequência relativa em que se presume que ocorram na comunicação oral de determinada linguagem. O *PB test*

corresponde à leitura dessa lista, sendo solicitado a um auditor ou a um conjunto de auditores que a escreva.

Para medir a inteligibilidade contam-se os itens correctamente percebidos. Este número, expresso como uma percentagem da totalidade dos itens proferidos, representa a medida da inteligibilidade. Esses itens podem ser palavras, frases ou sons isolados de discurso, pronunciados sem sentido.

Para o caso dos testes em que se utilizam frases, são frequentemente usadas duas listas de frases padronizadas: a PAL (foneticamente balanceada) e a CHABA-CID (frases correntes no discurso vulgar). O SPIN constitui um outro tipo de teste, em que se utilizam frases em que apenas a última palavra varia (Kalikow, Stevens e Elliot, 1977) e (Bilger, 1988).

Existem diferentes opiniões relativamente ao critério de escolha de cada um destes tipos de itens. Segundo Levitt e Webster, (Levitt e Webster, 1991), sílabas sem sentido (em testes de respostas livres ou fechadas) e listas de palavras (em testes de respostas fechadas), devem utilizar-se para obter informação analítica sobre um sistema electro-acústico de comunicação oral. Listas de palavras ou frases, foneticamente balanceadas, (em testes de respostas abertas) devem utilizar-se para avaliar o comportamento acústico na óptica da inteligibilidade da palavra.

Também segundo a opinião de B. Denes e N. Pinson (Denes e Elliot, 1993), as frases são o instrumento mais adequado à elaboração das listas para os testes de inteligibilidade da palavra, já que na experiência oral da linguagem corrente, a palavra é inserida num contexto, utilizando-se uma frase ou conjuntos de frases. Segundo opinião destes mesmos autores, existe porém o risco (demonstrado experimentalmente) de que a mesma palavra pode ser ouvida de maneiras diferentes, dependendo das frases que as transportam. A este propósito referem no Capítulo I do seu livro "The Speech Chain", uma experiência em que um grupo de pessoas foi submetido à audição de uma mesma onda sonora, representando uma palavra, por três vezes, estando de cada vez a palavra embebida em três frases distintas. Os auditores mostraram-se de acordo de que a palavra testada foi entendida de três maneiras distintas, dependendo de cada frase utilizada ("bit" ou "bet" ou "bat").

No entanto o uso de palavras e sílabas é frequentemente adoptado em testes pela sua conveniência para fins específicos.

Quando se escolhe o tipo de itens a utilizar como material de teste, deve ter-se em conta o relacionamento dos resultados obtidos com a situação do discurso normal. Se o material de teste for sons de discurso sem sentido, a percentagem de resultados correctamente percebidos é

naturalmente maior. Por sua vez se o material de teste for palavras, a percentagem de respostas certas é inferior à das frases, porque uma frase pode ser completamente percebida ainda que não se entendam correctamente todas as palavras que a compõem. A este respeito deve consultar-se o gráfico da Figura 4.1, que contém curvas que relacionam o valor da inteligibilidade da palavra com o *Articulation Index*, para diferentes tipos de material de teste (ANSI 1969).

O parâmetro acústico *Articulation Index* (AI) é um índice para prever a inteligibilidade da palavra, que tem em consideração o efeito do ruído exterior e as frequências filtradas. O cálculo do valor deste parâmetro é muito complexo, sendo por essa razão difícil de utilizar em ensaios de campo. Tem a vantagem de poder ser usado em condições em que o nível de ruído varia com o tempo.

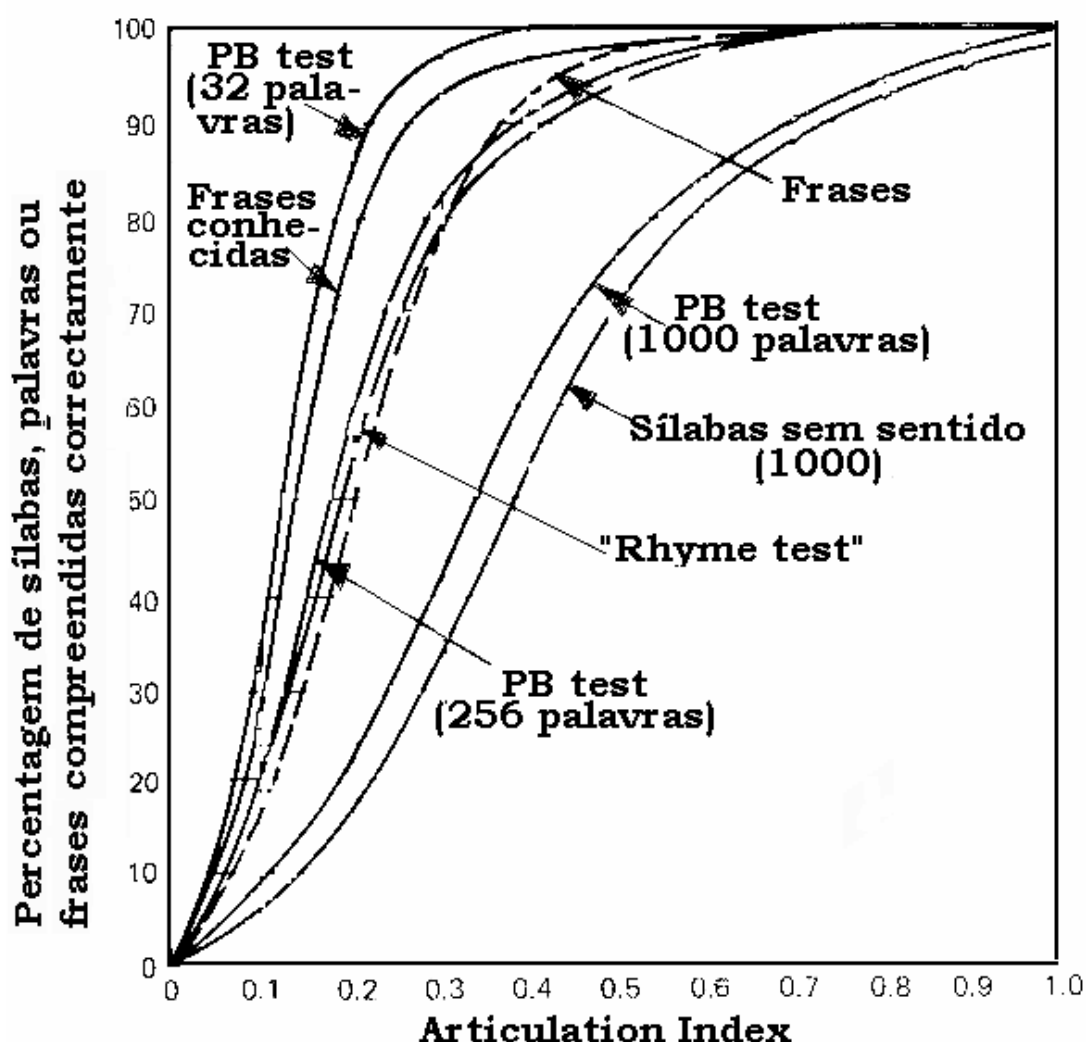


Figura 4.1 - Curvas que representam a inteligibilidade da palavra função do parâmetro acústico Articulation Index. As curvas referem-se a diferentes tipos de material de teste de inteligibilidade da palavra.

Os testes atrás referidos não avaliam a qualidade do discurso nem o seu nível de compreensão intelectual, dado que os auditores podem conseguir reproduzir todas as palavras componentes do discurso sem compreenderem o seu conteúdo.

Para avaliar esses e outros aspectos da percepção da fala utilizam-se diferentes tipos de testes, tais como os testes de opinião ("*Quality evaluations*") ou os testes de compreensão ("*Comprehensibility Tests*"), que não vão ser desenvolvidos, por não dizerem directamente respeito ao tema em análise.

No caso das igrejas isto é importante pois uma parte muito significativa dos ouvintes está muito familiarizado com os textos e/ou sequências dos serviços religiosos e por isso podem sentir que compreendem o que ouvem quando só precisam de ter pequenas "pistas sonoras" para saberem de que se trata. Isto é, como sabem "de cor" muito do texto, basta ouvir uma pequena parte para "perceberem" tudo. A homilia é a excepção pois a repetição aqui não acontece.

O teste seleccionado para avaliar a inteligibilidade da palavra neste estudo foi o "*PB Test*" ou "*test list*" por ser o tipo de teste que melhor se ajusta aos objectivos deste trabalho. O material de teste, "*PB lists*", escolhido foi a lista de palavras foneticamente balanceadas. Para este estudo, por ser em língua Portuguesa, não foi possível usufruir da facilidade de dispor de listas de palavras previamente estudadas, uma vez que o material de teste não se encontrava desenvolvido para a língua Portuguesa. Houve necessidade de elaborar 31 listas expressamente para a realização dos testes subjectivos de inteligibilidade da palavra. Para o efeito foi necessário efectuar um trabalho bastante exaustivo, que só pôde ser desenvolvido e aperfeiçoado, graças à colaboração de especialistas em linguística e psicologia cognitiva da Faculdade de Psicologia e da Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Este aspecto corresponde a uma diferença muito significativa relativamente ao trabalho anteriormente desenvolvido por Morgado (1996). Entendeu-se que pelas razões já apontadas, relativas à importância do material de teste, este melhoramento era imprescindível à credibilidade dos dados resultantes dos testes subjectivos.

As palavras seleccionadas foram incluídas numa mesma frase portadora, expressamente seleccionada pelos especialistas em linguística: "Diga...(palavra).....por favor".

Frases deste tipo são usualmente utilizadas em testes da fala, por as curvas melódicas se situarem fora da frase portadora. A anteceder a palavra a estudar existe uma palavra curta - um verbo - e a última palavra começa por consoante surda. A selecção da frase atendeu também ao facto de ter

pelo menos quatro palavras e de ser formulada de tal modo que o correcto entendimento da palavra a testar não ficasse dependente do seu sentido.

Estes princípios adoptados na formulação da frase portadora encontram enquadramento na ISO 4870 (ISO, 1991).

É indubitável que a frase portadora ajuda o leitor a pronunciar a palavra de forma natural, incluída num contexto próprio, com um controlado nível de esforço. Permite uma cadência ajustada, um compasso de separação temporal entre palavras, com duração suficiente, de forma a permitir aos auditores a escrita decidida da sua resposta para cada palavra percebida. Por outro lado também é importante que o som que precede a palavra a testar se pronuncie sem ligação com essa palavra, para que não exista uma variável (a actuar entre esse som e as diferentes palavras a estudar) que influencie a percepção da palavra.

Atendendo aos aspectos atrás apontados, nos testes utilizou-se uma única frase portadora, de forma a não introduzir variações dispensáveis.

As palavras seleccionadas para material de teste incluem mono e polissílabos. As palavras de determinado tipo de estrutura silábica foram incluídas em cada lista na mesma percentagem com que ocorrem na comunicação oral da nossa linguagem. Estes procedimentos respeitam o prescrito na ISO 4870 (ISO, 1991) que refere não ser recomendável que se utilize apenas um tipo de estrutura silábica (monossilábica ou polissilábica) nos testes, por esta situação não ser representativa da linguagem real, onde aparece todo o tipo de palavras.

#### **4.1.3 Selecção da população estatística**

Para a realização dos testes de inteligibilidade da palavra foi necessário seleccionar três amostras:

- O conjunto de igrejas aonde se viriam a realizar os testes;
- Um grupo de auditores;
- Um ou mais elementos para fazerem a leitura das listas de palavras.

##### ***4.1.3.1 Selecção das Igrejas***

Dentro do vastíssimo leque de igrejas existentes em Portugal, entendeu-se como perfeitamente adequado eleger o Norte do País, dado ser riquíssimo em património religioso e por representar grande parte do primitivo território nacional, onde os centros de maior influência religiosa,

constituíam núcleos de igrejas. A Igreja Primacial de Braga, grande metrópole religiosa desde os inícios da conversão peninsular e a cidade episcopal do Porto, contribuíram fortemente para o estabelecimento da malha fundamental do cristianismo no Reino.

O grande núcleo de arquitectura românica nacional está sediado no Norte do País, que dispondo de granito em abundância, utilizou esta pedra como principal elemento construtivo, caracterizando-se assim a fisionomia das suas construções religiosas. O apego das gentes nortenhas à tradição transparece na fidelidade à arte românica, mantendo o mesmo espírito e proporções em construções muito posteriores. Mais tarde, a fértil imaginação e o grande sentido plástico da população trabalhadora, fizeram do Porto e de Braga dois notáveis centros de arte barroca.

O barroco nortenho, resultante de hábil trabalho de arquitectos, escultores e entalhadores, veio a difundir-se em larga escala, pelos territórios Portugueses de além-mar. Por esta razão, os resultados obtidos com este estudo poderão ser extrapolados para outros casos existentes nos países em cuja arquitectura religiosa a presença Portuguesa se fez notar, tais como África, Extremo Oriente e América Latina. Existem também fortes semelhanças entre a arquitectura religiosa Portuguesa e a da vizinha Espanha, pelo que a extrapolação é passível de ser alargada às igrejas de Espanha e às dos seus ex-territórios americanos.

O elenco das Igrejas seleccionadas pretende ser representativo das distintas épocas da arquitectura religiosa no Norte de Portugal. Foram escolhidos trinta e um exemplares de entre os mais notáveis, número que se considera significativo para as análises estatísticas que se pretendem desenvolver (ver Quadro 4.1). Esteve sempre presente a tónica de seleccionar as igrejas com diferentes tipos de geometria, correspondentes aos diferentes estilos arquitectónicos e com superfícies interiores possuidoras de propriedades de absorção sonora diferenciadas.

No Quadro 4.1 é apresentada a relação das 31 igrejas estudadas assim como a sua época de construção e o tipo de classificação que lhes veio a ser atribuído.

Exceptuando-se as igrejas contemporâneas, a Igreja da Lapa (Porto) e a Igreja de São Miguel de Nevogilde (Porto), todas as incluídas na amostra estudada têm já o seu valor artístico e monumental reconhecido oficialmente, vindo referidas no inventário do património arquitectónico classificado (IPPAR, 1993).

Para melhor identificação das 31 igrejas seleccionadas, recolheu-se documentação gráfica sobre as mesmas (ver Anexo A).



Quadro 4.1 - Lista das Igrejas Estudadas

IGREJA		LOCALIDADE	ÉPOCA CONSTRUTIVA	CLASSIFICAÇÃO
1	Igreja da Lapa	Largo da Lapa, Porto	séc. XIX	
2	Igreja dos Clérigos	Rua dos Clérigos, Porto	séc. XVIII	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
3	Igreja de Santo Ildefonso	Praça da Batalha, Porto	séc. XVIII	Imóvel Interesse Público, Decreto nº129/77 de 29-9
4	Igreja do Santíssimo Sacramento	Rua de Guerra Junqueiro, Porto	séc. XX, 1932	
5	Igreja de Gondarém	Rua de Gondarém (Ordem dos Padres Carmelitas Descalços), Porto	séc. XX, 1984	
6	Igreja de S. Francisco	Rua do Infante D. Henrique, Porto	séc. XIV, XVII e XVIII	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
7	Igreja do Convento dos Grilos	Largo do Colégio, Porto	séc. XVII	Monumento Nacional, Decreto nº28/82 de 26-2
8	Igreja de S. Bento da Vitória	Rua de São Bento da Vitória, Porto	séc. XVII e XVIII	Monumento Nacional, Decreto nº129/77 de 29-9
9	Igreja de São Miguel de Nevogilde	Nevogilde, Porto	séc. XVIII	Determinação abertura processo eventual classificação
10	Sé Catedral do Porto	Terreiro da Sé, Porto	séc. XII, XVII e XVIII	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
11	Igreja de Santa Clara	Largo 1º de Dezembro, Porto	séc. XV	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
12	Igreja nova de Cedofeita	Largo do Priorado, Porto	séc. XX, 1975	
13	Igreja de São Martinho de Cedofeita	Largo do Priorado, Porto	séc. XII	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
14	Igreja de Nossa Senhora da Boa Vista	Rua Azevedo Coutinho, Porto	séc. XX, 1981	
15	Igreja da Serra do Pilar	Largo de Avis, Vila Nova de Gaia	séc. XVI/XVII	Imóvel Interesse Público, Decreto nº25034 de 11-2-1935
16	Igreja do Mosteiro de Grijó	Lugar do Mosteiro, Vila Nova de Gaia	séc. XVI	Imóvel Interesse Público, Decreto nº28536 de 22-3-1938
17	Igreja do Mosteiro de Tibães	Freguesia de Mire de Tibães, Braga	séc. XVIII	Imóvel Interesse Público, Decreto nº33587 de 27-3-1944
18	Sé de Braga	Rua do Cabido, Braga	séc. XII, XVII e XVIII	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
19	Igreja do Mosteiro de Pombeiro	Freguesia Pombeiro Ribavizela, Felgueiras	séc. XIII	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
20	Igreja de Santa Maria	Marco de Canavezes	séc. XX, 1997	Prémio IberFAD de Arquitectura, 1998
21	Igreja de Bustelo	Freguesia de Bustelo, Penafiel	séc. XII, XVII e XVIII	Imóvel Interesse Público, Decreto nº29/84 de 25-6
22	Igreja de São Pedro de Cete	Lugar do Barreiro	séc. XIV e XV	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
23	Igreja do Salvador, de Paço de Sousa	Paço de Sousa, Penafiel	séc. X, XII e XIII	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
24	Igreja paroquial de Cabeça Santa	Freguesia de Cabeça Santa, Penafiel	séc. XII	Monumento Nacional, Decreto nº14425 de 15-10-1927
25	Igreja de São Pedro de Ferreira	Freguesia de Ferreira, Paços de Ferreira	séc. XII/XIII	Monumento Nacional, Decreto nº14985 de 3-2-1928
26	Igreja de S. João Baptista	Largo da Igreja da Foz, Porto	séc. XVII	Imóvel Interesse Público, Decreto nº129/77 de 29-9
27	Igreja de Nossa Senhora da Conceição	Praça do Marquês de Pombal, Porto	séc. XX, 1947	
28	Igreja de Stª Maria da Azurara	Rua P. Serafim das Neves, Azurara	séc. XV	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
29	Igreja Matriz de Vila do Conde	Rua da Igreja, Vila do Conde	séc. XV	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
30	Igreja de S. Pedro de Rates	Lugar do Mosteiro, Póvoa de Varzim	séc. XII	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910
31	Igreja de Santa Clara, Vila do Conde	Largo do Monte, Vila do Conde	séc. XIV	Monumento Nacional, Decreto de 16-6-1910

#### ***4.1.3.2 Selecção dos auditores***

A comunicação verbal forma um processo complexo que assenta num mecanismo básico, iniciado com a produção de palavras pelo emissor, passando pela transmissão do som até à sua percepção por parte dos auditores. Acontece frequentemente o discurso ser encarado como algo de físico, em que as ondas sonoras formadas nas cordas vocais do emissor são recebidas por alguns ouvidos a alguma distância. Porém, o processo é bem mais complexo, já que o discurso é uma mensagem codificada, formada e recebida no domínio fisiológico e transmitida no meio físico. Depois de sair da boca do emissor, o som pode ser distorcido, enfraquecido e mascarado por outros sons, antes de ser convertido em impulsos nervosos, no cérebro do auditor. Se todos os parâmetros relevantes do meio forem conhecidos, é possível prever a quantidade de informação perdida, com um elevado grau de precisão.

No presente estudo, os testes subjectivos de inteligibilidade da palavra foram desenvolvidos sempre com o mesmo emissor e o mesmo grupo de receptores. Controlando-se a variação do emissor e receptor, consegue analisar-se a variação de informação durante o percurso percorrido pelo som em cada uma das igrejas. De referir que durante os testes subjectivos, a instalação sonora de cada igreja não foi usada, de forma a que os resultados não fossem influenciados pelos diferentes efeitos dos sistemas sonoros instalados nas igrejas.

Para que os testes de campo resultassem com fiabilidade foi necessário escolher convenientemente a população de auditores, de modo a que os resultados não viessem adulterados.

Sabendo-se que a amostra deveria ser constituída por população adulta, de ambos os sexos, com níveis de audição normal, com experiência normal na fala e audição da língua Portuguesa, urgia encontrar um grupo qualificado que pudesse assumir o compromisso de estar disponível para a realização dos trinta e um testes de campo. Associada a estes atributos estava também a condição de cada um dos elementos conseguir imbuir-se do sentido de rigor e responsabilidade para garantir um bom desempenho que a realização deste tipo de testes exige relativamente à precisão das respostas dadas, de forma a poder ser considerado com interesse científico.

Veio a ser encontrado um grupo com os requisitos exigidos no conjunto dos alunos que frequentam a Escola Superior de Música e das Artes do Espectáculo do Instituto Politécnico do Porto.

A população de auditores deveria ser em número suficiente para que as suas respostas fossem estatisticamente aceitáveis e para que a variabilidade dos resultados dos testes não diminuísse com o crescimento da amostra. Foram seleccionados vinte e três alunos dos primeiro e segundo anos do curso de Produção e Tecnologias da Música. Esta colaboração foi também prestada por três professores desse curso, que igualmente participaram nos testes de campo.

Cada um desses elementos possui conhecimentos básicos de acústica, tendo alguns deles participado noutras etapas do Programa de Investigação em Acústica de Igrejas em curso na FEUP. O grupo foi considerado pelos respectivos professores com capacidade suficiente para o cabal cumprimento da função que lhe iria ser cometida.

Quadro 4.2 - Relação do grupo de auditores que participou na recolha de dados de campo.

Nome	Curso
Artur Manuel Costa Guimarães	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
Carlos Filipe Martins Melo	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
David Duarte Oliveira	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
Diamantino Fernando Sousa Moura	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
Gustavo Afonso Nina Almeida	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
Inês Pais Vieira Fraga Lames	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
João Miguel E. L. Marcelo Alves	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
Nuno Miguel Oliveira	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
Pedro André Amado Figueiredo	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
Pedro Manuel Santos Ferreira	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
Ricardo Duarte Guerreiro	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
Rodolfo Manuel Esperança Cardoso	Produção e Tecnologias da Música (2º ano)
António José Rego Campeã	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Artur António Silva Pinheiro	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Diogo Leichsenring Franco	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Francisco Hugo O. Monteiro	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Francisco José F. G. Machado	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Hugo Daniel F. Sampaio Lopes	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
João Eduardo Mascarenhas Faria	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Miguel Duarte Guerra	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Paulo César Barbosa Ferreira	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Samuel Ricardo A. R. Pinto	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Susana Maria S. Martins Silva	Produção e Tecnologias da Música (1º ano)
Marta Isabel Gorgulho Gonçalves	Teatro / Variante: Interpretação (2º ano)

#### 4.1.3.3 *Seleção do emissor*

De forma análoga ao que ocorreu com a selecção dos auditores houve também a necessidade de criteriosamente eleger um leitor que respondesse aos atributos exigíveis. Deveria ser um elemento feminino ou masculino com um nível de intensidade de voz adequado, grande controlo do

aparelho vocal e conhecimento de técnicas de colocação da voz, de modo a poder garantir uma homogeneidade das condições de emissão sonora, no decorrer dos trinta e um testes de campo. Este aspecto é relevante, dado que as alterações do estado emocional de um emissor sem preparação adequada, causa alterações no seu comportamento vocal e consequentes alterações na inteligibilidade do discurso por ele proferido.

Para além destes atributos esse elemento deveria também ter boa dicção e clareza na articulação das palavras, de modo a garantir uma leitura que pudesse ser considerada correcta, na opinião de especialistas da linguagem Portuguesa.

Viria a ser seleccionada pelos professores da Escola Superior de Música e das Artes do Espectáculo do Instituto Politécnico do Porto envolvidos neste projecto, a aluna do curso de Teatro, Marta Gonçalves.

Uma vez que a análise a desenvolver com este estudo também visa a comparação dos resultados obtidos nas várias igrejas, decidiu-se que as trinta e uma listas fossem todas lidas pela mesma pessoa de forma a não serem introduzidas novas variáveis.

#### **4.1.4 Elaboração das listas de palavras a utilizar nos testes**

As listas utilizadas nos testes da inteligibilidade da palavra deste estudo foram elaboradas de acordo com a Norma ISO 4870 (ISO, 1991) que define métodos fundamentais para a construção e calibração de testes de inteligibilidade da palavra e contaram com a inestimável colaboração de professores quer da Faculdade de Letras da Universidade do Porto (especialistas em linguística) quer da Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto (especialista em Psicologia da Linguagem e da Cognição).

A metodologia adoptada para a elaboração das listas foi a seguinte:

Seleccionou-se uma lista de 600 palavras (ver Anexo B). A selecção foi feita com base no "Português Fundamental" (Nascimento, Marques e Cruz, 1987). Esta publicação abrange o estudo do Português falado europeu e apresenta os respectivos resultados de investigação, visando fornecer informação sobre o vocabulário mais frequentemente utilizado nas situações de comunicação da vida corrente e sobre a gramática de base necessária a esta mesma comunicação. O levantamento dos materiais a partir dos quais foi elaborado o Português Fundamental, consistiu na recolha de 1800 gravações de comunicação oral espontânea. Desse conjunto foram seleccionadas 1400 gravações, tendo cada uma 500 palavras. A partir destes dados foi fornecida

por computador uma lista alfabética com índices de frequência, estabelecendo-se a lista das palavras mais utilizadas na referida amostragem de discurso oral.

O critério que presidiu à selecção das palavras a empregar neste estudo foi o da maior frequência de emprego, segundo princípios de estatística lexical, no Português europeu falado contemporâneo. Esta opção é concordante com Harry Levitt e John C. Webster (Levitt e Webster, 1991), que são de opinião de que um dos factores que mais afecta a inteligibilidade da palavra é a familiaridade dos auditores com as palavras utilizadas pelo emissor.

Igualmente foram tidos em linha de conta outros parâmetros a trabalhar no material de teste, tais como a semântica, a estrutura silábica, o plural/singular, inclusão de todos os fonemas, classes lexicais, etc.

O maior índice de frequência de utilização de palavras, na lista que foi elaborada com base no Português Fundamental, é de 34740 (a palavra "era") e o menor é igual a 75 (a palavra "entrada"). O motivo de não se terem incluído mais palavras foi precisamente o das baixas frequências que as restantes palavras possuíam, sendo menos representativas do nosso discurso oral.

A lista utilizada nas Igrejas é composta por palavras mono e polissilábicas. O maior número de sílabas admitido foi de quatro por se entender que em palavras com mais de quatro sílabas o auditor podia descobrir a palavra sem a ter percebido integralmente.

O critério adoptado de incluir mono e polissílabos respeita o prescrito na Norma ISO 4870 (ISO, 1991) que refere não ser recomendável que se utilize apenas um tipo de estrutura silábica (monossilábica ou polissilábica) na construção dos testes de inteligibilidade da palavra, porque na linguagem real ocorrem todo o tipo de palavras.

O Quadro 4.3 apresenta um resumo da composição silábica das palavras utilizadas com material dos testes.

Quadro 4.3 - Número de palavras utilizadas nos testes, agrupadas por número de sílabas.

Número de sílabas por palavra	Número de palavras	Percentagem
1	67	11.2
2	295	49.2
3	182	30.3
4	56	9.3
Total	600	100

As palavras com determinado número de sílabas foram incluídas em cada lista na mesma percentagem com que ocorrem na comunicação oral da nossa linguagem. Esta recomendação aparece igualmente referida na Norma ISO 4870 (ISO, 1991).

A lista global das seiscentas palavras deu lugar a trinta e uma listas parcelares de oitenta palavras. Este número enquadra-se nas exigências da ISO 4870 (ISO, 1991), que refere o número 50 a 100 para os itens das listas.

Cada uma dessas listas é diferente e contém a mesma proporção dos vários tipos de sons de discurso, posicionados em determinada forma na palavra e aproximadamente na mesma proporção, como se presumem existirem, na comunicação oral da nossa linguagem. Pode considerar-se assim que as trinta e uma listas são foneticamente balanceadas.

Em cada lista parcelar a percentagem de ocorrência de palavras com determinado número de sílabas é a mesma com que ocorreram na lista global das seiscentas palavras e aproximadamente idêntica à frequência com que aparecem no discurso corrente da língua Portuguesa.

Por indicação de um especialista em psicologia da linguagem e da cognição da Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade do Porto, entendeu-se incluir em cada lista, palavras inventadas, adiante designadas por pseudo-palavras, que embora obedeam a regras fonéticas da linguagem utilizada são sem significado para o auditor. O objectivo visado com esta inclusão foi unicamente o de aumentar a atenção permanente dos auditores.

Com esse objectivo elaborou-se uma lista global com noventa e três pseudo-palavras, criteriosamente criadas (ver Anexo C).

Esta lista foi distribuída em grupos de três elementos por cada uma das trinta e uma listas parcelares.

As pseudo-palavras ocuparam posições pseudo-aleatórias em cada lista. Por sugestão do especialista já referido, cada uma das três pseudo-palavras foi inscrita nas seguintes posições da lista de palavras:

- entre a terceira e a sexta palavras;
- entre a vigésima e a trigésima palavras;
- entre a sexagésima e a septuagésima palavras.

Esta escolha para o posicionamento das pseudo-palavras atendeu ao facto de nunca deverem aparecer seguidas e a que as suas posições deverem ter o mesmo tipo de espaçamento, sem ser exactamente o mesmo.

As trinta e uma listas de palavras utilizadas nos testes de inteligibilidade da palavra vêm referidas no Anexo D.

#### **4.1.5 Método**

##### ***4.1.5.1 Condições do espaço interior***

As condições acústicas num espaço interior dependem de três factores essenciais: da geometria da sala (dimensões e forma), das propriedades de absorção sonora das superfícies interiores envolventes do espaço e da absorção sonora localizada, com particular importância para o número de pessoas presentes.

Atendendo a que os primeiros dois factores são fixos para cada uma das Igrejas estudadas (já que não se alterou o espólio e mobiliário de cada uma delas), importa referir que os testes foram efectuados com a igreja desocupada de pessoas, exceptuando o grupo de trabalho. No máximo permaneceram dentro da igreja, durante a realização do teste, 28 pessoas e no mínimo 17.

Antes do início de cada ensaio, foram vedados os acessos directos à Igreja e encerradas todas as portas existentes. Esta acção pretendeu garantir o controlo de número de pessoas, a eliminação de ruídos avulsos no intervalo de tempo em que decorreu o teste, um melhor isolamento sonoro face ao exterior e uma maior concentração dos elementos intervenientes no teste. Não se fez qualquer alteração ao mobiliário existente no interior da cada Igreja.

##### ***4.1.5.2 Posicionamento da fonte sonora***

A fonte sonora (o leitor) foi colocada imediatamente à frente do altar onde habitualmente é celebrada a cerimónia religiosa (ver Figura 4.2), ocupando uma posição equivalente em todas as Igrejas.

Desta forma pretendeu-se garantir a uniformidade do critério posicionamento da fonte em todos os testes.

Para além disso, esta posição já havia sido escolhida para efectuar os trabalhos de campo em trabalhos desenvolvidos anteriormente (Carvalho, 1994) e (Morgado, 1996).

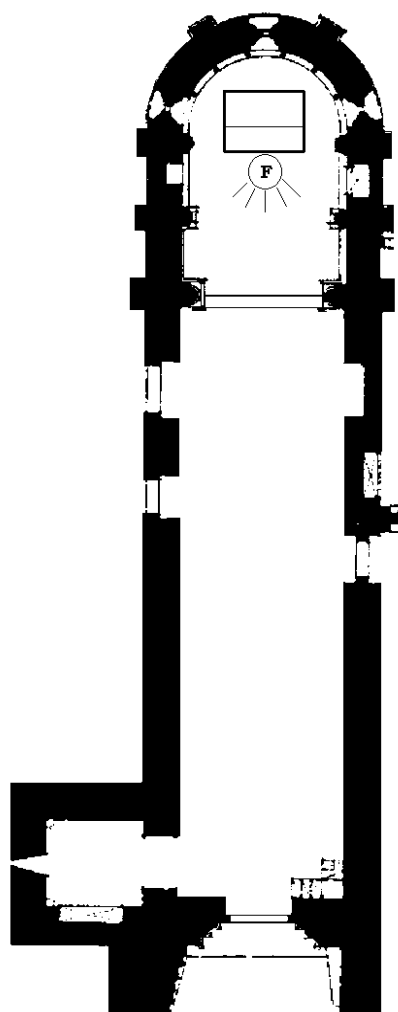


Figura 4.2 - Posicionamento típico da fonte sonora

#### **4.1.5.3 Localização dos auditores**

Para a realização de cada teste os auditores foram divididos em quatro grupos, denominados *A*, *B*, *C* e *D* em função da sua localização espacial relativa em cada Igreja (ver Figura 4.3). A posição *A* assumiu a primeira bancada da nave central, ocupando a coxia central da bancada do lado direito. A posição *D* foi a da última bancada do lado esquerdo da Igreja, ocupando as posições mais centrais dessa bancada. Dividindo-se o comprimento da nave central por três, agruparam-se as bancadas em três grupos. A posição *B* ficou localizada na primeira bancada do segundo grupo, ocupando a zona central da bancada do lado esquerdo. A posição *C* correspondeu à primeira



bancada do lado direito do segundo grupo, ocupando como nos casos anteriores a posição central.

A representa as posições relativas dos quatro grupos na nave da Igreja. As quatro posições foram estudadas de modo a que os resultados dos testes representassem, da melhor forma possível, a audição real em toda a Igreja. Estas localizações mantiveram a mesma posição relativa em todas as Igrejas.

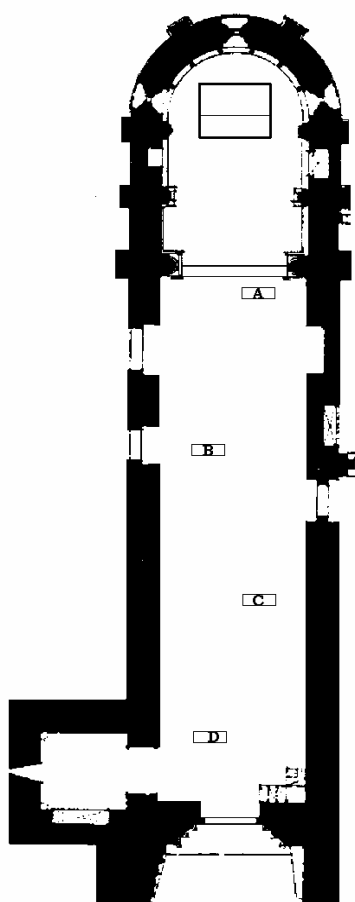


Figura 4.3 - Localização típica dos quatro grupos de auditores no interior da igreja

As distâncias entre os quatro grupos de auditores e a localização da fonte sonora, foram medidas em cada uma das Igrejas (ver Quadro 4.4).

Quadro 4.4 - Distância (m) de cada um dos grupos de auditores à fonte sonora.

IGREJA Nº	IGREJA NOME	POSIÇÃO			
		A	B	C	D
1	Igreja da Lapa	4.20	18.90	29.70	41.50
2	Igreja dos Clérigos	3.80	7.40	13.20	20.40
3	Igreja de Santo Ildefonso	3.20	8.70	13.10	19.60
4	Igreja do Santíssimo Sacramento	4.30	11.90	19.00	27.90
5	Igreja de Gondarém	5.40	11.00	15.50	23.20
6	Igreja de S. Francisco	4.60	11.95	19.70	26.50
7	Igreja do Convento dos Grilos	8.00	14.00	19.40	23.60
8	Igreja de S. Bento da Vitória	5.50	11.50	16.30	22.90
9	Igreja de São Miguel de Nevogilde	6.50	9.50	13.75	16.60
10	Sé Catedral do Porto	6.50	13.80	24.20	31.50
11	Igreja de Santa Clara	8.40	12.30	17.50	22.70
12	Igreja nova de Cedofeita	5.00	10.50	15.30	20.40
13	Igreja de São Martinho de Cedofeita	3.25	6.10	8.54	13.00
14	Igreja de Nossa Senhora da Boa Vista	4.40	7.70	12.50	17.20
15	Igreja da Serra do Pilar	14.75	20.40	22.80	27.40
16	Igreja do Mosteiro de Grijó	4.60	10.60	17.40	25.20
17	Igreja do Mosteiro de Tibães	6.70	15.80	25.80	33.60
18	Sé de Braga	9.80	20.70	31.10	41.40
19	Igreja do Mosteiro de Pombeiro	5.70	11.30	17.30	23.80
20	Igreja de Santa Maria, Marco Canavezes	7.30	11.50	16.80	22.30
21	Igreja de Bustelo	5.80	12.30	19.80	29.20
22	Igreja de São Pedro de Cete	5.15	11.10	17.00	23.20
23	Igreja do Salvador, de Paço de Sousa	6.80	12.80	17.50	23.00
24	Igreja paroquial de Cabeça Santa	5.60	9.10	12.40	15.00
25	Igreja de São Pedro de Ferreira	6.30	11.80	16.40	20.90
26	Igreja de S. João Baptista	7.30	16.30	23.40	29.80
27	Igreja de Nossa Senhora da Conceição	9.40	15.00	22.00	28.60
28	Igreja de Santa Maria da Azurara	7.90	13.60	19.10	24.70
29	Igreja Matriz de Vila do Conde	6.50	13.30	19.70	26.30
30	Igreja de S. Pedro de Rates	5.25	9.30	12.95	15.45
31	Igreja de Santa Clara, Vila do Conde	7.60	12.10	15.50	20.10

#### ***4.1.5.4 Avaliação da Inteligibilidade da Palavra***

Cientes da importância do rigor nas respostas dadas aos testes,urgia fazer sentir aos auditores a percepção da importância da sua colaboração para a veracidade do estudo.

Previamente ao início dos testes de campo, organizaram-se secções preparativas para leitor e auditores. Com esta acção pretendeu-se familiarizar os elementos intervenientes, com o material e processamento dos testes.

Explicou-se o âmbito do estudo aos auditores, a importância da função que lhes estava destinada e deram-se instruções sobre os procedimentos dos ensaios em sessão realizada na ESMAE. Entendeu-se ser essencial chamar a atenção para o tipo de resposta pretendida com estes testes, que corresponde a escrever as palavras tal qual sejam ouvidas pelo auditor. Foi-lhes prestada a informação de que as listas que iriam ouvir eram compostas por oitenta e três palavras e que poderiam conter palavras que não formassem sentido; neste caso, deveriam escrever rigorosamente os sons ouvidos. Esclareceu-se também que o teste nunca deveria ser interrompido e que todas as listas eram diferentes.

O leitor foi treinado em ensaio realizado no Laboratório de Linguística da Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Este ensaio contou com a presença de dois professores de linguística e consistiu essencialmente numa prévia e detalhada explicação sobre os requisitos exigidos na leitura das listas (dicção, intensidade, ritmo, cadência certa de leitura arrastada no tempo, sem ser demasiado rápida para permitir a escrita da palavra), seguida de leituras criticadas de algumas das trinta e uma listas, aleatoriamente recolhidas para esse efeito. Experimentou-se o uso de um metrónomo para imprimir um ritmo mais constante à leitura, mas este instrumento veio a ser substituído por um sinal de mão, por se ter concluído que esta segunda situação era mais cómoda para o leitor, que se sentia pouco à vontade com o sinal sonoro do metrónomo.

Os testes nas igrejas foram realizados numa média de quatro por dia e decorreram num período aproximado de um mês, nas seguintes datas:

21 de Janeiro, 27 de Janeiro, 3 de Fevereiro, 5 de Fevereiro, 9 de Fevereiro, 11 de Fevereiro, 12 de Fevereiro e 16 de Fevereiro de 1998.

Aos responsáveis de cada uma das Igrejas foi atempadamente solicitada a colaboração necessária à realização dos testes, o que exigiu a paralisação de toda e qualquer actividade de modo a garantir-se a manutenção do silêncio durante o ensaio. Esta difícil pretensão foi conseguida graças ao bom acolhimento e forte interesse que aqueles responsáveis imprimiram ao projecto.

No início de cada teste a instalação sonora existente no local era totalmente desactivada.

Depois de repartidos e posicionados os diversos elementos intervenientes, leitor e auditores divididos em quatro grupos, era distribuído o material de trabalho:

- a lista de palavras ao leitor;
- as fichas para registo de respostas a cada auditor (ver Anexo E).

As palavras escolhidas para cada teste foram lidas sequencialmente, incluídas numa mesma frase portadora, expressamente seleccionada para o efeito:

"Diga ...(palavra).... por favor"

A frase foi lida oitenta e três vezes em cada teste, variando a palavra do meio conforme a composição da lista de palavras do teste.

Como o nível auditivo depende do nível de intensidade da voz do emissor, da distância entre o emissor e os auditores, e das condições acústicas do espaço, foi necessário controlar o nível sonoro da leitura. Esta foi proferida a um nível sonoro de cerca de 65 dB(A), medido em campo directo, num ponto a um metro de distância e em frente dos lábios do leitor.

A leitura foi feita de forma natural, cada teste teve uma duração média de 10 minutos, com um discurso continuado mas ligeiramente pausado de forma a permitir haver tempo suficiente para a escrita de cada resposta.

Os testes foram gravados em fita, de forma a permitir-se a posterior verificação e explicação de qualquer ocorrência anormal que porventura viesse a ser constatada na análise dos dados. A gravação fez-se com o equipamento de gravação colocado no pavimento, numa posição próxima do emissor, de forma à reverberação do som ser reduzida e para não haver grande distorção de amplitudes.

## ***4.2 MEDIÇÃO OBJECTIVA DA INTELIGIBILIDADE***

Os testes subjectivos de inteligibilidade da palavra são métodos de realização muito demorada e que obrigam ao uso de grandes recursos humanos. Por estas razões, é por vezes vantajoso recorrer ao uso de métodos objectivos (indirectos), isto é, com uso de equipamentos e sem a intervenção subjectiva de auditores.

Desde os anos 40 que se foram desenvolvendo vários métodos de testes indirectos para avaliar o efeito do ruído de fundo e da reverberação na inteligibilidade. Procurou-se encontrar métodos de cuja utilização fosse possível prever a inteligibilidade através da medição de um parâmetro apropriado ou de uma série de parâmetros.

Um dos primeiros métodos desenvolvidos para avaliar a inteligibilidade sob condições de ruído foi o *Articulation Index* (AI), que já foi referido neste trabalho. Este método foi estudado por French e Steinberg, em 1947, vindo depois a ser desenvolvido por Kryter, Beranek, entre outros e publicado como uma Norma ANSI em 1969 (ANSI, 1969).

O Nível de Interferência da Palavra, "*Speech Interference Level*" (SIL), é outro desses métodos, também baseado no ruído, mas com um procedimento mais simplificado do que o AI. Neste método o nível de pressão sonora é medido nas bandas de 1/1 oitava de 500, 1k, 2k e 4k e calculada a média aritmética que se relaciona com uma tabela de distância máxima satisfatória de comunicação.

Outro método é a Percentagem de Consoantes Perdidas (% ALCONS), que estabelece uma medição directamente correlacionada com a percentagem de consoantes.

Um tipo diferente de metodologia também muitas vezes utilizada nesta década corresponde às medições simples "*Direct to Reverberant*", dos quais o mais comum é o  $C_{50}$  (Claridade), que mede a razão entre a energia recebida nos primeiros 50 ms de som directo com a globalidade do som reverberado, fazendo este valor corresponder à medida da claridade do discurso. Também se utilizam o  $C_{35}$  e o  $C_7$ , entre outros.

O "*Speech Transmission Index*" (STI), 1971 (Mapp, 1997), é um método cujo conceito é muito similar ao AI. É de maior aplicabilidade, tendo em consideração o efeito do ruído de fundo e da reverberação na inteligibilidade da palavra.

A determinação da qualidade de transmissão e recepção da palavra no domínio da inteligibilidade, baseia-se na diminuição da taxa de modulação de um sinal de experiência, que simula as características acústicas da voz humana, desde que o sinal seja transmitido numa sala (CEI 268-16, 1988). O sinal sonoro é emitido por uma fonte sonora, situada na posição do orador e vai ser recebido por um microfone situado no lugar do auditor.

As principais características da fonte sonora são a dimensão física, a direcionalidade, a posição e o nível de pressão acústica.

A base deste método é a medição da diminuição da taxa de modulação, que se exprime pela função de modulação de transferência entre o emissor e o receptor. A conversão da função de

modulação de transferência em taxa de inteligibilidade da palavra, foi desenvolvido pelo Institute for Perception, TNO, Holanda (Horrall e Jacobsen, 1985). Esta taxa é designada por Índice de Transmissão da Palavra ("Speech Transmission Index ", STI) .

O método STI baseia-se na determinação da função de transferência de modulação em 98 pontos obtidos a partir de 14 frequências de modulação, repartidas de terço de oitava em terço de oitava, de 0.63 Hz em 12.5 Hz e a partir de sete bandas de oitava, donde as frequências centrais são escalonadas de 125 Hz a 8 kHz. A desvantagem da aplicação deste método reside na sua complexidade, já que requer noventa e oito medições para cada situação.

Como alternativa mais simplificada surgiu em 1971 o método do RASTI, que actualmente é muito utilizado, e que foi aperfeiçoado em 1985 pela "Brüel & Kjaer", que propôs o seu próprio equipamento RASTI (ver Figura 4.4).



Figura 4.4 - Equipamento para medição do parâmetro RASTI, desenvolvido pela "Brüel & Kjaer".

O RASTI é o índice de transmissão da palavra "*Rapid Speech Transmission Index*", obtido por uma simplificação do método STI. Tal como a denominação indica, pode ser considerada a versão

rápida do método STI. O valor do RASTI varia entre zero e um, correspondendo respectivamente a não haver inteligibilidade e a uma perfeita inteligibilidade.

Através da utilização de uma tabela de conversão, apresentada na Norma CEI 268-16 (CEI, 1988), os valores do RASTI podem fazer-se corresponder a uma escala subjectiva de inteligibilidade da palavra (ver Quadro 4.5).

Quadro 4.5 - Tabela de conversão do valor do RASTI numa escala de inteligibilidade da palavra.

RASTI	INTELIGIBILIDADE
0-0.30	Má
0.30-0.45	Medíocre
0.45-0.60	Suficiente
0.60-0.75	Bom
0.75-1.00	Excelente

O RASTI, foi o método utilizado no trabalho de campo, já que se dispunha das condições e material necessário à sua aplicação. Por outro lado, a aplicação do método STI pode considerar-se, por analogia aos estudos desenvolvidos sobre a aplicação deste método em salas de conferências, uma grelha demasiado detalhada sem vantagens significativas, tal como refere a Norma CEI 268-16 (CEI, 1988). No método RASTI a análise limita-se a duas bandas de 1/1 oitava, de frequências centrais de 500 Hz e 2 kHz e a quatro ou cinco frequências de modulação dessas bandas. Este método pode utilizar-se principalmente para comparar a qualidade de transmissão em distintas localizações numa mesma sala ou para comparar o grau de inteligibilidade da palavra em diferentes salas. Estes dois aspectos de aplicabilidade do método correspondem a duas vertentes do estudo desenvolvido.

O equipamento usado para medir o RASTI foi o disponível no Laboratório de Acústica do Instituto da Construção, da marca " Brüel & Kjaer ". É constituído por um Transmissor modelo 4225 e por um Receptor modelo 4419 (ver Figura 4.4). A fonte sonora emite um sinal sonoro que contém informação sobre a gama de frequências coberta pela fala, flutuações do discurso e nível de intensidade da fala.

O equipamento utilizado mediu a forma como o sinal enviado foi modificado até ser recebido pelo receptor. A alteração no sinal (redução na modulação) na posição dos auditores foi

quantificada em termos de função de modulação de frequência, em nove diferentes modulações de frequência.

O valor do RASTI é automaticamente calculado com base nestes nove índices de modulação.

Numa primeira série de testes, durante a medição o emissor colocou-se no lugar habitual de um orador, uma vez que o estava a simular. A fonte sonora colocou-se no tripé, numa posição e altura correspondente à da cabeça do presumido leitor, com o seu eixo apontado para o eixo longitudinal da nave. Este aparelho tem dimensões aproximadas às da cabeça humana adulta. O nível de emissão da fonte sonora foi de +10 dB comparado com o nível padrão do RASTI, em virtude do grande comprimento de muitas igrejas.

De forma a tornar possível uma comparação directa com os resultados dos testes de inteligibilidade da palavra, a fonte sonora foi colocada na posição anteriormente ocupada pelo leitor.

O equipamento receptor foi colocado em cada uma das posições centrais dos quatro grupos de auditores (*A, B, C e D*). A sua localização foi rigorosamente a mesma, de forma a tornar possível uma futura comparação dos resultados.

Este aparelho recebeu o sinal sonoro do teste através de um microfone BæK omnidireccional de 1/2".

Os testes foram realizados para um tempo de medição de 16 segundos, atendendo a que o equipamento possibilita uma escolha entre 8, 16 ou 32s e ao prescrito na Norma CEI 268-16 (CEI, 1988), que refere a indicação de um tempo de 10 s como um valor ajustado ao compromisso entre o tempo de medição e a precisão dos resultados.

Depois da medida ser efectuada pelo equipamento, o valor do RASTI é fornecido no seu visor e foi registado em fichas expressamente elaboradas para o efeito. (ver Anexo F).

Cada medição foi feita a uma altura de cerca de 1.20 m e foi repetida três vezes em cada ponto.

O valor do RASTI utilizado nos cálculos correspondeu, para cada ponto, à média aritmética dos três valores obtidos com o equipamento de medição.

Uma segunda série de testes respeitou à medição com a fonte sonora localizada no ambão (pequeno palanque com estante normalmente à direita do altar) de onde costumam ser proferidas as leituras das cerimónias religiosas. Durante esta série de medições o sistema de instalação sonora existente em cada igreja esteve activo.



Os sistemas de instalações sonoras existentes nas igrejas foram inventariados por um aluno do ESMAE, com especial aptidão para o fazer, para possibilitar futuras análises mais desenvolvidas nesta área.

Nas igrejas que dispunham de púlpito, levou-se a efeito uma terceira série de testes em que a fonte sonora foi aí colocada sendo as medições efectuadas nas mesmas quatro posições da igreja.

Na primeira e terceira séries de testes a instalação sonora esteve sempre desligada.

Em todas estas séries de medições as portas existentes nas igrejas mantiveram-se fechadas durante a realização dos testes.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS

### 5.1 INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA - TESTES SUBJECTIVOS

#### 5.1.1 Análise Estatística Global

Nos testes de audição com discurso ao vivo efectuados nas igrejas, para a avaliação subjectiva da inteligibilidade da palavra, os resultados foram registados referindo o número de respostas certas de cada ouvinte. Foi então possível avaliar a percentagem de acertos ou seja, a quantidade percentual das palavras que formaram a lista das 80 palavras lidas e que foram correctamente compreendidas por cada auditor. Esta medida foi designada por  $P80_{100}$  e é um valor compreendido entre 0 e 1.

Por outro lado foi também possível quantificar o número de pseudo-palavras correctamente entendidas por cada auditor, num total de 3 por lista. O valor final de respostas certas apresentado em termos percentuais, incluindo as palavras e as pseudo-palavras, foi designada por  $P83_{100}$  e é igualmente um valor compreendido entre 0 e 1.

Como já se referiu anteriormente, os auditores foram agrupados em cada igreja em quatro posições de audição: posição *A* (a primeira bancada da nave central da igreja, ocupando a coxia central da bancada do lado direito), a posição *B* (as bancadas situadas à distância de cerca de um terço do comprimento da nave central da igreja, ocupando a coxia central da bancada do lado esquerdo), a posição *C* (os lugares centrais das bancadas situadas à distância de cerca de dois terços do comprimento da nave central da igreja e do lado direito) e a posição *D* (a última bancada da igreja, ocupando a coxia central da bancada do lado esquerdo).

Os resultados que se obtiveram com a realização dos testes subjectivos são apresentados no Anexo G.

A avaliação estatística do conjunto de observações obtidas nas 31 igrejas aparece registada em cinco quadros. O quadro 5.1 refere-se à análise conjunta de todos os dados registados nas 31 igrejas (todas as posições) e os quadros 5.2 a 5.5 resumem a análise dos dados registados separada e respectivamente nas posições *A*, *B*, *C* e *D*.

Quadro 5.1 - Dados estatísticos simples dos parâmetros subjectivos ( $P83_{100}$  e  $P80_{100}$ ) para todas as posições (valores médios em cada posição  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$  das 31 igrejas: 124 valores médios).

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	$P83_{100}$ (%)	$P80_{100}$ (%)
VALOR MÍNIMO	44.6	46.2
VALOR MÁXIMO	100.0	100.0
AMPLITUDE	55.4	53.7
VALOR MÉDIO	90.1	91.6
MEDIANA	92.2	93.7
DESVIO PADRÃO	7.8	7.3
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	-2.0	-2.3
COEFICIENTE DE CURTOSE	8.0	10.7

Quadro 5.2 - Dados estatísticos simples dos parâmetros subjectivos ( $P83_{100}$  e  $P80_{100}$ ) para os valores médios registados exclusivamente nas posições  $A$  (31 igrejas: 31 valores médios).

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	$P83_{100}$ (%)	$P80_{100}$ (%)
VALOR MÍNIMO	84.3	87.5
VALOR MÁXIMO	100.0	100.0
AMPLITUDE	15.7	12.5
VALOR MÉDIO	96.5	97.3
MEDIANA	97.6	97.5
DESVIO PADRÃO	2.9	2.3
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	-2.6	-2.7
COEFICIENTE DE CURTOSE	8.4	9.2

Quadro 5.3 - Dados estatísticos simples dos parâmetros subjectivos para os valores médios registados exclusivamente nas posições *B* (31 igrejas - 31 valores médios).

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	<i>P83_100</i> (%)	<i>P80_100</i> (%)
VALOR MÍNIMO	83.1	85.0
VALOR MÁXIMO	98.8	98.7
AMPLITUDE	15.7	13.7
VALOR MÉDIO	92.3	93.8
MEDIANA	94.0	95.0
DESVIO PADRÃO	4.7	4.3
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	-0.6	-0.7
COEFICIENTE DE CURTOSE	-0.8	--0.8

Quadro 5.4 - Dados estatísticos simples dos parâmetros subjectivos (*P83\_100* e *P80\_100*) para os valores médios registados exclusivamente nas posições *C* (31 igrejas - 31 valores médios).

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	<i>P83_100</i> (%)	<i>P80_100</i> (%)
VALOR MÍNIMO	67.5	68.7
VALOR MÁXIMO	96.4	97.5
AMPLITUDE	28.9	28.7
VALOR MÉDIO	87.4	89.2
MEDIANA	86.7	90.0
DESVIO PADRÃO	6.4	6.1
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	-1.0	-1.3
COEFICIENTE DE CURTOSE	1.6	2.5

Quadro 5.5 - Dados estatísticos simples dos parâmetros subjectivos (*P83\_100* e *P80\_100*) para os valores médios registados exclusivamente nas posições *D* (31 igrejas - 31 valores médios).

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	<i>P83_100</i> (%)	<i>P80_100</i> (%)
VALOR MÍNIMO	44.6	46.2
VALOR MÁXIMO	97.6	98.7
AMPLITUDE	53.0	52.5
VALOR MÉDIO	84.1	86.1
MEDIANA	85.5	87.5
DESVIO PADRÃO	9.3	9.1
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	-2.4	-2.6
COEFICIENTE DE CURTOSE	8.5	9.8

Verifica-se que a ocorrência da maior percentagem de palavras correctamente entendidas acontece sempre na posição *A* e que o valor dos mínimos obtidos vai diminuindo à medida que a distância aumenta. Os dados parecem induzir a que a inteligibilidade decresce com a distância da fonte sonora ao auditor. Esta premissa será aprofundada noutro capítulo deste trabalho (ver 5.1.3).

A amplitude aumenta com a distância, sendo sempre mais elevada para os valores do parâmetro *P83\_100* do que para os do *P80\_100*.

De igual modo, a média quadrática dos desvios em relação à média (desvio padrão) tem um valor mais baixo para a posição *A*, mais próxima da fonte, significando que nessa posição é muito menor a dispersão de respostas. O maior valor do desvio padrão ocorreu nas respostas dos auditores localizados na posição mais afastada da fonte, posição *D*, como seria de esperar.

No que respeita às curvas de frequência da distribuição de dados, o coeficiente de assimetria foi sempre negativo, o que significa que a distribuição tem enviesamento à esquerda. Essa tendência é mais acentuada para as posições extremas *A* e *D*. Para o coeficiente de curtose, verifica-se a tendência de valores positivos, mais acentuados nas posições extremas, *A* e *D*, significando uma distribuição leptocúrtica, ou seja, curvas de frequência com achatamento inferior à curva de Gauss.

### 5.1.2 Selecção entre *P80\_100* ou *P83\_100*

Em resultado dos testes subjectivos da inteligibilidade da palavra foram recolhidos 124 dados na totalidade das 31 igrejas estudadas, tendo sido tratados pelas duas formas de avaliação, *P80\_100* e *P83\_100*, considerando-se no primeiro caso apenas as respostas relativas às 80 palavras e no último caso as 83 respostas (incluindo-se as respostas correspondentes às 3 pseudo-palavras). Cada um dos 124 dados é a média das respostas dos cerca de quatro auditores colocados nessa posição.

Esta análise estatística é utilizada para confirmar a natural correlação que existe entre estes dois parâmetros.

A abordagem que se segue é feita de dois modos: a primeira utiliza todos os dados (resultantes da recolha em todas as posições estudadas) e a segunda agrupa os dados controlando-os por posição (*A*, *B*, *C* e *D*).

### 5.1.2.1 Usando todos os dados

Utilizando todos os dados recolhidos nos testes subjectivos efectuados nas 31 igrejas (124 observações médias), obtém-se um valor para o quadrado do coeficiente de correlação  $R^2$  de 0.99. Verificando-se uma elevada correlação confirma-se uma forte interdependência entre estes dois parâmetros (ver Figura 5.1). Essa relação de ajuste quadrático é:

$$P80_{100} = -0.093 + 1.348(P83_{100}) - 0.251(P83_{100})^2$$

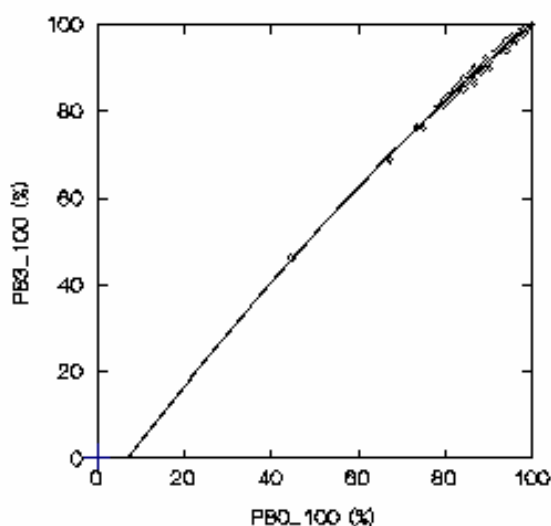


Figura 5.1 - Relação entre as avaliações feitas sobre o parâmetro subjectivo *inteligibilidade da palavra* quantificando as respostas certas para todos os valores registados, considerando apenas as 80 palavras ( $P80_{100}$ ) ou considerando as 80 palavras mais as 3 pseudo-palavras ( $P83_{100}$ ).

### 5.1.2.2 Usando os dados de todas as Igrejas relativos a cada posição

Usando exclusivamente os dados correspondentes a cada posição *A*, *B*, *C* e *D*, recolhidos nas 31 Igrejas (124 observações médias), obtém-se os valores para o quadrado do coeficiente de correlação e as equações de relação apresentadas no Quadro 5.6.

Quadro 5.6 - Equações de relação de  $P80_{100}$  com  $P83_{100}$  e coeficiente de correlação respectivo, usando os dados correspondentes a cada uma das quatro posições  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ .

POSIÇÃO	EQUAÇÃO	R <sup>2</sup>	TIPO DE AJUSTE
$A$	$P80_{100} = -0.527 + 2.408 (P83_{100}) - 0.885(P83_{100})^2$	0.94	quadrático
$B$	$P80_{100} = 9.823 + 0.909 (P83_{100})$	0.96	linear
$C$	$P80_{100} = 5.948 + 0.952(P83_{100})$	0.98	linear
$D$	$P80_{100} = -0.056 + 1.248 (P83_{100}) - 0.186 (P83_{100})^2$	1.00	quadrático

Deste estudo confirma-se a validade de se ter em conta apenas os resultados de um dos parâmetros  $P80_{100}$  ou  $P83_{100}$  no desenvolvimento deste trabalho, uma vez que eles são fortemente interdependentes. Assim entende-se que o parâmetro a eleger é o  $P80_{100}$ , já que as três pseudo-palavras incluídas em cada lista a testar tiveram como principal função aumentar a atenção dos auditores, não havendo a pretensão de estudar os resultados decorrentes de testes formados por listas de pseudo-palavras. Para além disso, neste estudo interessa abordar a inteligibilidade em situações habituais, em que só aparecem palavras reais; não obstante se pudesse conseguir maior variabilidade de resultados usando "pseudo-palavras" de acerto mais difícil.

### 5.1.3 Análise da variação de $P80_{100}$

A Figura 5.2 mostra os valores médios dos resultados dos testes subjectivos da inteligibilidade da palavra e respectivas variações, em cada uma das igrejas estudadas. Verifica-se, comprovando-se assim a premissa de base deste estudo, que o desempenho acústico das 31 igrejas estudadas, face à inteligibilidade da palavra, é variável. Existe um comportamento próprio em cada igreja, sendo de referir os seguintes casos:

As igrejas de Santo Ildefonso (Porto), nº 3, Gondarém (Porto), nº 5, São Miguel de Nevogilde (Porto) nº 9, Santa Clara (Porto), nº 11, nova de Cedofeita (Porto), nº 12, e Cabeça Santa (Penafiel), nº 24, apresentam uma pequena dispersão de resultados e os valores obtidos nos testes

subjectivos são superiores a 90% de respostas certas, o que significa que têm muito bom comportamento acústico na óptica da inteligibilidade da palavra.

As igrejas com maior dispersão de resultados são a igreja da Lapa (Porto), nº 1 e a igreja do Mosteiro de Tibães (Mire de Tibães), nº 17 (ver Figura 5.2).

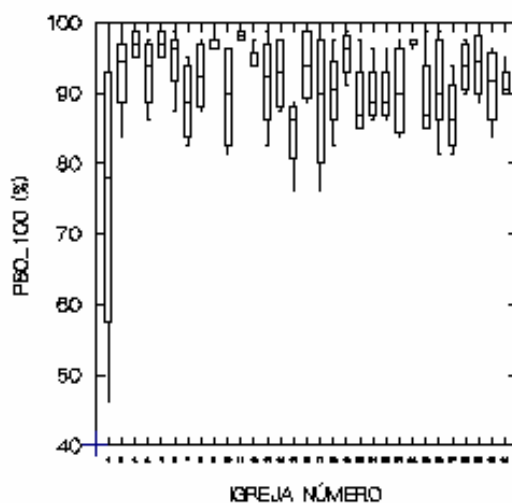


Figura 5.2 -  $P80_{100}$  em todas as Igrejas.

#### 5.1.4 Análise de $P80_{100}$ com a distância à fonte sonora (altar)

O gráfico da Figura 5.3 representa a variação de  $P80_{100}$  com a distância dos auditores à fonte sonora (no altar). O eixo horizontal refere-se à distância, em metro, entre emissor e receptor, e o vertical é o valor da inteligibilidade da palavra, quantificando as respostas certas para todos os valores registados, considerando as 80 palavras das listas dos testes de avaliação subjectivos ( $P80$ ). Atendendo a que o valor da correlação é elevado, verifica-se uma forte interdependência entre estes dois parâmetros, que pode representar-se pela seguinte relação de ajuste quadrático, com  $R^2=0.58$ :

$$P80 = 98.800 - 0.233(Dist. Altar) - 0.012(Dist. Altar)^2$$

Pode concluir-se que a distância do auditor à fonte sonora influencia directamente o grau de inteligibilidade da palavra, variando na razão inversa.



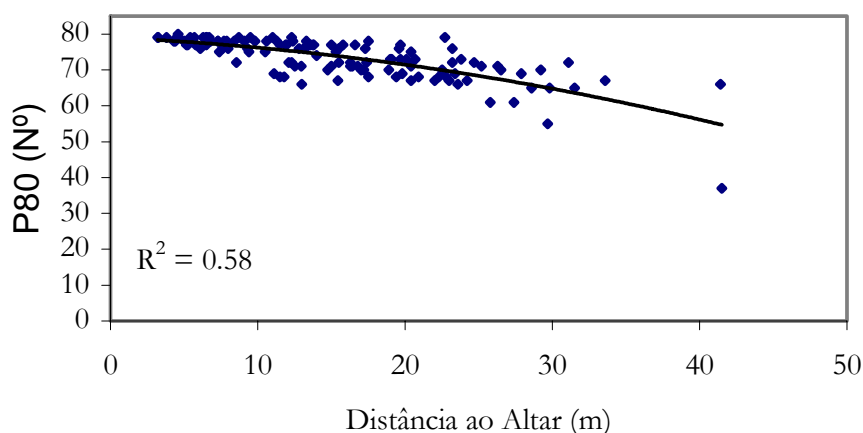


Figura 5.3 - Relação entre os valores do parâmetro subjectivo inteligibilidade da palavra *P80* e a distância do auditor ao altar, localização da fonte sonora.

## 5.2 *RASTI*

### 5.2.1 Análise Estatística Global

Como já foi anteriormente referido, a determinação da inteligibilidade recorrendo a métodos objectivos foi avaliada através da medição do parâmetro *RASTI*. Os resultados registados respeitaram a três localizações distintas da fonte sonora (o emissor do equipamento *RASTI*):

no altar (*RASTI-Altar*);

no ambão com a instalação sonora ligada (*RASTI-Instalação-Sonora*);

no púlpito (*RASTI-Púlpito*).

As medições foram feitas em quatro posições correspondentes às localizações centrais dos quatro grupos de auditores nas avaliações subjectivas:

posição *A* (a primeira bancada da nave central da Igreja, ocupando a coxia central da bancada do lado direito);

posição *B* (as bancadas situadas à distância de um terço do comprimento da nave central da Igreja, ocupando a coxia central da bancada do lado esquerdo);

posição *C* (os lugares centrais das bancadas situadas à distância de cerca de dois terços do comprimento da nave central da Igreja e do lado direito);

posição *D* (a última bancada da Igreja, ocupando a coxia central da bancada do lado esquerdo).

Os resultados que se apresentam em seguida descrevem estatisticamente o conjunto de medições obtidas nas 31 igrejas e aparecem registados em cinco quadros. O quadro 5.7 refere-se à análise

conjunta de todos os dados (todas as posições) registados nas 31 igrejas e os quadros 5.8, 5.9, 5.10 e 5.11, sumarizam a análise dos dados registados controlando por posição ocupada pelo receptor, respectivamente nas posições *A*, *B*, *C* e *D*. O *RASTI-Púlpito* só pôde ser medido nas igrejas que têm púlpito, o que na amostra escolhida corresponde a 19 casos.

Os resultados que se obtiveram com a realização dos testes objectivos são apresentados no Anexo G.

Quadro 5.7 - Dados estatísticos simples do RASTI (medido nas posições *A*, *B*, *C* e *D* das 31 igrejas: 124 valores médios para os parâmetros *RASTI-Altar* e *RASTI-Instalação-Sonora* e 76 valores médios para o *RASTI-Púlpito*).

DADOS ESTATÍSTICOS	<i>RASTI-Altar</i>	<i>RASTI-Inst.sonora</i>	<i>RASTI-Púlpito</i>
VALOR MÍNIMO	0.18	0.24	0.23
VALOR MÁXIMO	0.75	0.67	0.67
AMPLITUDE	0.57	0.43	0.44
VALOR MÉDIO	0.42	0.44	0.44
MEDIANA	0.40	0.43	0.45
DESVIO PADRÃO	0.12	0.09	0.11
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	0.54	0.33	0.13
COEFICIENTE DE CURTOSE	0.08	0.14	-0.76

Quadro 5.8 - Dados estatísticos simples do parâmetro RASTI para os dados registados exclusivamente na posição *A* (31 igrejas: 31 valores médios).

DADOS ESTATÍSTICOS	<i>RASTI-Altar</i>	<i>RASTI-Inst.sonora</i>	<i>RASTI-Púlpito</i>
VALOR MÍNIMO	0.27	0.29	0.23
VALOR MÁXIMO	0.75	0.67	0.64
AMPLITUDE	0.48	0.38	0.41
VALOR MÉDIO	0.55	0.46	0.46
MEDIANA	0.54	0.45	0.47
DESVIO PADRÃO	0.12	0.09	0.10
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	-0.55	0.26	-0.44
COEFICIENTE DE CURTOSE	0.28	-0.19	0.08

Quadro 5.9 - Dados estatísticos simples do parâmetro RASTI para os dados registados exclusivamente na posição *B* (31 igrejas: 31 valores médios).

DADOS ESTATÍSTICOS	<i>RASTI-Altar</i>	RASTI-Inst.sonora	<i>RASTI-Púlpito</i>
VALOR MÍNIMO	0.18	0.27	0.31
VALOR MÁXIMO	0.54	0.65	0.67
AMPLITUDE	0.36	0.38	0.36
VALOR MÉDIO	0.41	0.44	0.50
MEDIANA	0.41	0.43	0.53
DESVIO PADRÃO	0.08	0.09	0.11
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	-0.84	0.40	-0.12
COEFICIENTE DE CURTOSE	1.06	-0.30	-1.02

Quadro 5.10 - Dados estatísticos simples do parâmetro RASTI para os dados registados exclusivamente na posição *C* (31 igrejas: 31 valores médios).

DADOS ESTATÍSTICOS	<i>RASTI-Altar</i>	RASTI-Inst.sonora	<i>RASTI-Púlpito</i>
VALOR MÍNIMO	0.20	0.24	0.29
VALOR MÁXIMO	0.48	0.67	0.59
AMPLITUDE	0.28	0.43	0.30
VALOR MÉDIO	0.34	0.44	0.43
MEDIANA	0.36	0.43	0.45
DESVIO PADRÃO	0.07	0.09	0.09
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	-0.26	0.03	0.04
COEFICIENTE DE CURTOSE	-0.27	-0.30	-1.01

Quadro 5.11 - Dados estatísticos simples do parâmetro RASTI para os dados registados exclusivamente na posição *D* (31 igrejas: 31 valores médios).

DADOS ESTATÍSTICOS	<i>RASTI-Altar</i>	RASTI-Inst.sonora	<i>RASTI-Púlpito</i>
VALOR MÍNIMO	0.20	0.24	0.24
VALOR MÁXIMO	0.55	0.67	0.52
AMPLITUDE	0.35	0.43	0.28
VALOR MÉDIO	0.34	0.43	0.35
MEDIANA	0.34	0.43	0.34
DESVIO PADRÃO	0.08	0.08	0.09
COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	0.35	0.42	0.75
COEFICIENTE DE CURTOSE	0.14	1.24	-0.24

### 5.2.1.1 *RASTI-Altar*

Verifica-se que as medições correspondentes ao *RASTI-Altar* apresentam os valores mais elevados para a posição *A*, mais próxima da fonte, verificando-se também que a esta posição corresponde a maior amplitude de resultados. A média quadrática dos desvios em relação à média (desvio padrão) tem o maior valor na posição mais próxima da fonte, posição *A*, ao contrário do que seria de esperar.

No que respeita às curvas de frequência, o coeficiente de assimetria é negativo para as posições *A*, *B* e *C*, o que significa que a distribuição tem enviesamento à esquerda. Essa tendência é mais acentuada para as posições *A* e *B*. Para o coeficiente de curtose verifica-se a tendência de valores positivos, nas posições *A*, *B* e *D*, significando curvas de frequência com achatamento inferior à curva de Gauss- distribuição leptocúrtica.

Os valores obtidos para as médias e para as medianas decrescem à medida que a distância à fonte sonora aumenta.

Análise da variação do parâmetro *RASTI-Altar* em cada uma das 31 igrejas estudadas:

Conforme os resultados das medições efectuadas, o parâmetro *RASTI-Altar* varia em cada uma das igrejas estudadas de acordo com o representado graficamente (ver Figura 5.4).

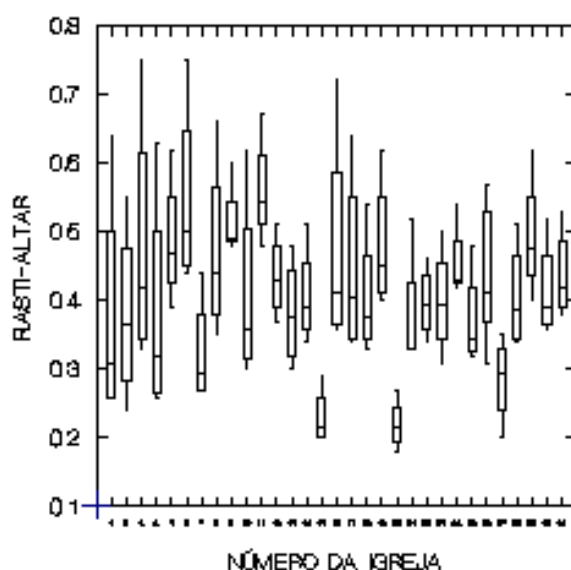


Figura 5.4 - Variação dos valores do parâmetro *RASTI-Altar* considerando as 31 igrejas estudadas.

Recorrendo à tabela de conversão do valor do RASTI numa escala de inteligibilidade da palavra (ver Quadro 4.5), pode concluir-se que a maior parte das igrejas apresentam uma inteligibilidade *suficiente* ou *mediocre*. Na amostra estudada não existe nenhuma igreja com um nível de inteligibilidade *excelente*; existem dois casos que se destacam na Figura 5.4, de igrejas com *má* inteligibilidade, que são as igrejas nº 20, Igreja de Santa Maria (Marco de Canavezes) e a nº 15, igreja da Serra do Pilar (Vila Nova de Gaia). De boa inteligibilidade poderão ser consideradas a igreja nº 6, de S. Francisco (Porto) e a igreja nº 3, de Santo Ildefonso (Porto).

As Igrejas que apresentam valores mais elevados para o parâmetro *RASTI-Altar*, tendo em consideração os dados recolhidos em todas as posições, são a Igreja de Santo Ildefonso (Porto), nº 3, a Igreja de S. Francisco (Porto), nº 6 e a Igreja do Mosteiro de Grijó (Vila Nova de Gaia), nº 16. Este comportamento pode estar relacionado com a forma e/ou tipo de materiais existentes no interior desses espaços. De referir ainda que as igrejas onde se mediu o maior valor de todos para o parâmetro *RASTI-Altar*, são a igreja de S. Ildefonso (Porto), nº 3 e a igreja de S. Francisco (Porto), nº 6, em que, para a medição feita na posição *A* o valor médio do *RASTI-Altar* foi de 0.75. Em contraponto, a igreja em que se registou o menor valor de todos para esse parâmetro foi a de Santa Maria (Marco de Canavezes), nº 20, onde a média das medições feitas na posição *B* foi de 0.18.

A Igreja que se destaca por ter um resultado declaradamente inferior à média dos restantes é a Igreja do Marco de Canavezes, nº 20, seguida da Igreja da Serra do Pilar (Vila Nova de Gaia), nº 15. Esta última pode encontrar justificação para este resultado na forma particular que o interior do edifício apresenta (circular) e por ser encimada por uma muito elevada cúpula. No caso da Igreja do Marco, os aspectos que se parecem relacionar mais com este resultado são o tipo de revestimentos interiores existentes e a forma global do seu interior.

A dispersão dos valores do RASTI encontrados em cada Igreja é muito variável. As Igrejas que apresentam menor dispersão são a igreja da Serra do Pilar (Vila Nova de Gaia), nº 15 e a Igreja do Marco de Canavezes, nº 20. As igrejas com resultados de valores mais dispersos são a Igreja de Santo Ildefonso (Porto), nº 3, a Igreja da Lapa (Porto), nº 1, a Igreja do Santíssimo Sacramento (Porto), nº 4 e a Igreja do Mosteiro de Grijó (Vila Nova de Gaia), nº 16, o que significa que para estas igrejas há uma alteração mais significativa do RASTI com a posição de medição.

A Figura 5.5 apresenta o efeito da posição em que foi executada a medição do *RASTI-Altar* nas 31 igrejas estudadas. O tipo de gráfico utilizado ajuda a visualizar a distribuição e a dispersão dos

resultados. A linha horizontal em cada caixa representa a mediana dos valores obtidos nessa posição. Se essa linha não estiver no centro da caixa, então a distribuição não é simétrica; o limite inferior da caixa é o  $P_{25}$  e o superior é o  $P_{75}$ . A extensão (dispersão) da caixa é a Amplitude Interquartílica  $P_{75}-P_{25}$  (de referir que por percentil de ordem  $x$  se entende como o resultado abaixo do qual se encontram  $x$  % dos elementos da distribuição). Os valores extremos observados que não forem atípicos, são apresentados por pequenos traços horizontais posicionados superior e inferiormente aos extremos da respectiva caixa. Os valores atípicos (*outliers*) que se encontram à distância de mais de 3 amplitudes do limite inferior ou superior da caixa, aparecem representados no gráfico com asterisco.

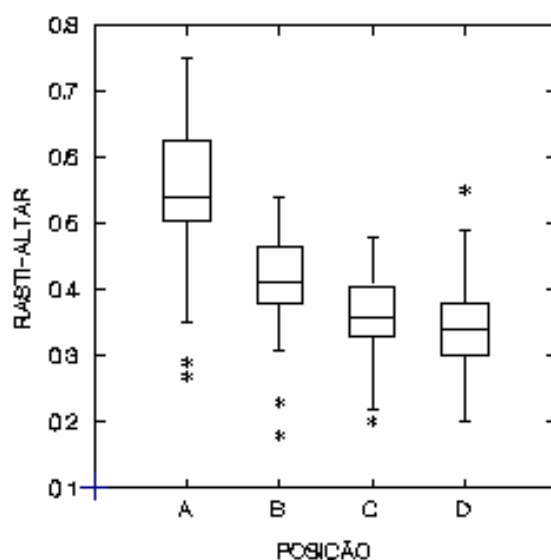


Figura 5.5 - Relação entre os valores do parâmetro *RASTI-Altar* e a posição em que foi tomada a medida, considerando as 31 Igrejas.

De acordo com os resultados das medições efectuadas, o valor do parâmetro *RASTI-Altar* vai diminuindo quando a distância entre o emissor e o receptor aumenta (ver Figura 5.6).

A fórmula de ajuste encontrada foi a seguinte:

$$RASTI-Altar = 0.797 - 0.148 \log(Distância\ altar)$$

com um valor de  $R^2 = 0.52$ .

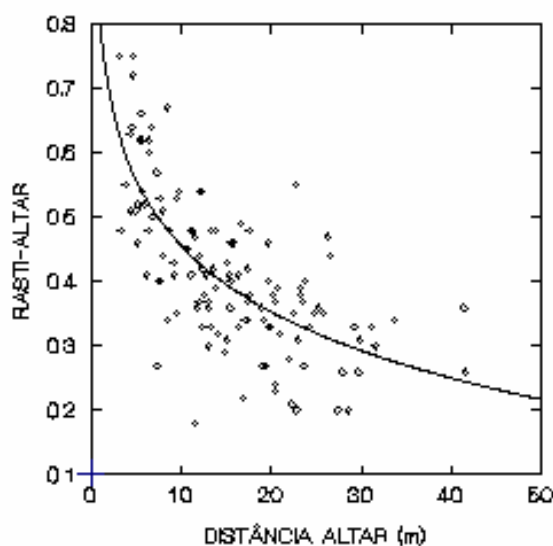


Figura 5.6 - Análise da variação dos valores do parâmetro *RASTI-Altar* com a distância ao altar (distância entre a fonte sonora e o receptor), considerando todos os valores das 31 igrejas.

#### 5.2.1.2 *RASTI Instalação Sonora*

Através da análise dos Quadros 5.7 a 5.11 verifica-se que as medições correspondentes ao *RASTI-Instalação-Sonora* têm os valores mais elevados para a posição *A*, mais próxima da fonte, apresentando depois progressivos decrescimentos ligeiros relativos às posições *B*, *C* e *D*. Verifica-se também que as posições *A* e *B* têm menor amplitude de resultados do que as posições *C* e *D*. A média quadrática dos desvios em relação à média (desvio padrão) tem valores muito próximos em todas as posições, como seria previsível, dado que a instalação sonora homogeneiza fortemente o comportamento em toda a igreja.

No que respeita às curvas de frequência, o coeficiente de assimetria é positivo para todas as posições, o que significa que a distribuição tem enviesamento à direita, apresentando um valor muito menor para a posição *C*. Para o coeficiente de curtose verifica-se a existência de valores positivos, nas posições *A*, *B* e *C*, significando curvas de frequência com achatamento inferior à curva de Gauss- distribuição leptocúrtica.

Os valores obtidos para as médias e para as medianas são muito idênticos em todas as posições.

Analisando a variação do parâmetro *RASTI-Instalação-Sonora* em cada uma das 31 igrejas estudadas verifica-se que conforme os resultados das medições efectuadas, o parâmetro *RASTI-Instalação-Sonora* varia em cada uma das Igrejas da seguinte forma (ver Figura 5.7) :

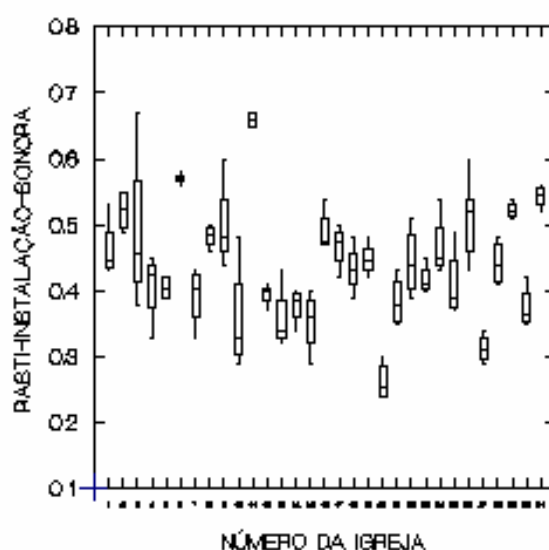


Figura 5.7 - Variação dos valores do parâmetro *RASTI-Instalação-Sonora* considerando as 31 igrejas estudadas.

As Igrejas que apresentam valores mais elevados para o parâmetro *RASTI-Instalação-Sonora* são as Igrejas de Santo Ildefonso (Porto) nº 3, e a Igreja de S. Santa Clara (Porto) nº 11; As igrejas de S. Francisco (Porto) nº 6, S. Miguel de Nevogilde (Porto) nº 9 e S. João Baptista (Porto) nº 26, também apresentam valores elevados. A Igreja com menor valor é a de Santa Maria (Marco de Canavezes) nº 20, seguindo-se-lhe a Igreja da Senhora da Conceição (Porto), nº 27.

De realçar o facto de que pela análise feita atrás para o *RASTI-Altar* as igrejas que mais se salientaram mantêm uma posição de destaque relativamente ao *RASTI-Instalação-Sonora*, donde se poderá concluir que o efeito provocado pela instalação sonora não se sobrepõe ao comportamento acústico que cada espaço tem, relativamente à inteligibilidade da palavra.



A dispersão dos valores médios do *RASTI-Instalação-Sonora* encontrados em cada igreja é muito variável. Existe declaradamente um grupo que apresenta muito baixa dispersão de valores. É formado pelas seguintes igrejas:

S. Francisco (Porto) nº 6, Santa Clara (Porto) nº 11, nova de Cedofeita (Porto) nº 12, Matriz de Vila do Conde nº 29.

Em contraponto, as Igrejas com maior variação de valores medidos são a Igreja de Santo Ildefonso (Porto) nº 3 e a Sé Catedral do Porto nº 10, indicando uma má qualidade da instalação sonora, por não conseguir manter uma maior uniformidade de valores em todo o interior da igreja.

Recorrendo à tabela de conversão do valor do RASTI numa escala de inteligibilidade subjectiva da palavra (ver Quadro 4.2) conclui-se que todas as igrejas estudadas apresentam uma inteligibilidade, medida com a instalação sonora activa, *suficiente* ou *mediocre*, à excepção da igreja nº 20, do Marco de Canavezes, que apresenta uma *má* inteligibilidade e da Igreja de Santa Clara (Porto) nº 11, que tem um bom nível de inteligibilidade.

Vai agora avaliar-se o efeito da posição em que foi executada a medição do *RASTI-Instalação-Sonora* nas 31 igrejas estudadas:

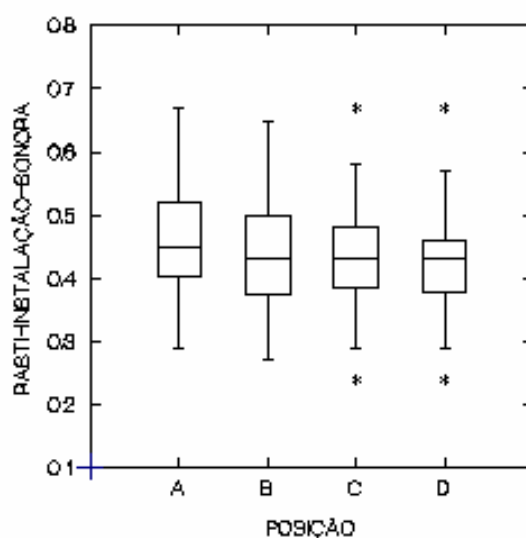


Figura 5.8 - Relação entre os valores do parâmetro *RASTI-Instalação-Sonora* e a posição em que foi tomada a medida, considerando as 31 igrejas.

É interessante constatar que a variação entre as medidas do *RASTI-Instalação-Sonora* tomadas em cada uma das posições, é menor do que para o *RASTI-Altar* (ver Figura 5.8), o que encontra explicação no facto já referido, de a instalação sonora provocar uma homogeneização do campo sonoro instalado. Tem também a ver com o tipo de colocação da instalação sonora usada em que é típico existirem vários altifalantes ao longo da nave da igreja e não uma zona de emissão única na área circundante ao altar (ver Figura 5.9).

Figura 5.9 - Modelo típico da colocação da instalação sonora nas igrejas portuguesas.

De acordo com os resultados das medições efectuadas, o valor do parâmetro *RASTI-Instalação-Sonora* vai diminuindo quando a distância entre o emissor e o receptor aumenta. Esta situação já se verificou para o *RASTI-Altar* (ver Figura 5.6), mas no caso presente o decrescimento é muito menor.

A equação de previsão que melhor se ajusta, é a seguinte:

$$RASTI-Instalação-Sonora = 0.497 - 0.022 \log(Distância\ altar)$$

A muito baixa correlação ( $R^2=0.02$ ), pode justificar-se porque o som proveniente da instalação sonora não tem origem só no equipamento emissor do RASTI mas em diversas fontes sonoras ao longo da igreja.

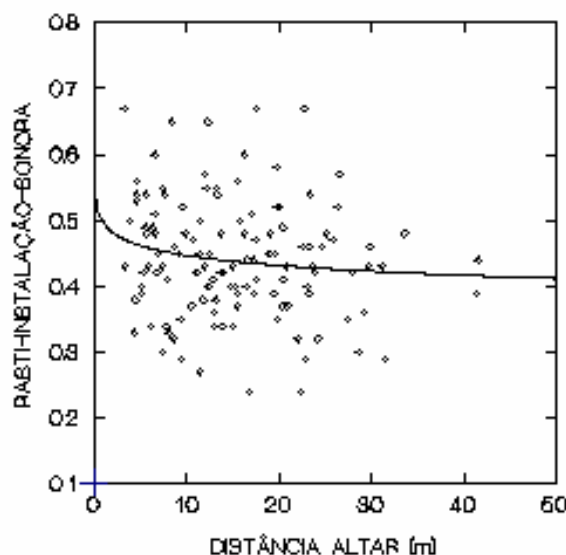


Figura 5.10 - Análise da variação dos valores do parâmetro *RASTI-Instalação-Sonora* com a distância ao altar.

### 5.2.1.3 *RASTI Púlpito*

Verifica-se que as medições correspondentes ao *RASTI-Púlpito* apresentam os valores mais elevados para a posição *B*, mais próxima da fonte. A maior amplitude de resultados corresponde à posição *A*, como acontecia para o *RASTI-Altar*. A média quadrática dos desvios em relação à média (desvio padrão) tem o maior valor na posição mais próxima da fonte, posição *B*, ao contrário do que seria de esperar (esta situação também já foi constatada no estudo da *RASTI-Altar*).

No que respeita às curvas de frequência, o coeficiente de assimetria é negativo para as posições *A*, *B* (o que significa que a distribuição tem enviesamento à esquerda) e positivo nas posições *C* e *D* (significando que a distribuição tem enviesamento à direita). A assimetria é muito mais assentuada nas posições *D* e *A* do que nas posições *C* e *B*. Para o coeficiente de curtose verifica-se a tendência de resultados negativos, nas posições *B*, *C* e *D*, significando curvas de frequência com achatamento superior à curva de Gauss- distribuição platicúrtica.

Conforme os resultados das medições efectuadas, o parâmetro *RASTI-Púlpito* varia em cada uma das Igrejas estudadas do modo representado na Figura 5.11.

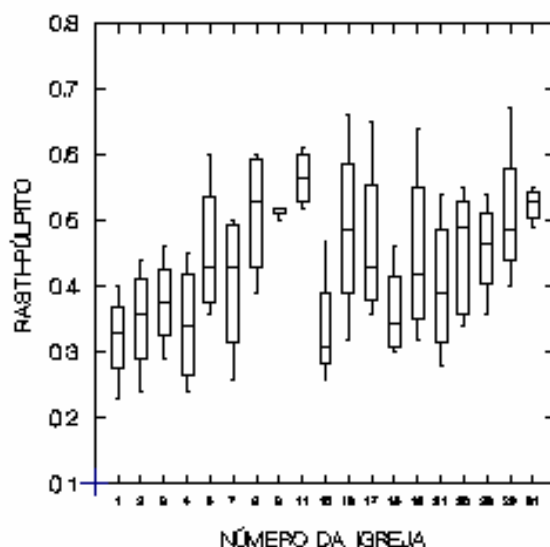


Figura 5.11 - Variação dos valores do parâmetro *RASTI-Pulpito* considerando as 19 Igrejas estudadas, que dispõem de púlpito.

As Igrejas que apresentam valores mais elevados para o parâmetro *RASTI-Pulpito* são a Igreja de Santa Clara (Porto) nº 11, S. Bento da Vitória (Porto) nº 8, Matriz de Vila do Conde nº 29, Igreja do Mosteiro de Grijó (Vila Nova de Gaia) nº 16, Igreja de S. Martinho de Tibães (Mire de Tibães) nº 17, a Igreja do Mosteiro de Pombeiro (Pombeiro de Ribavizela) nº 19, S. Francisco (Porto) nº 6 e S. Miguel de Nevogilde (Porto) nº 9.

O grupo de Igrejas com resultados declaradamente inferiores é composto pela Igreja da Lapa (Porto) nº 1, Igreja dos Clérigos (Porto) nº 2, Igreja de Santo Ildefonso (Porto) nº 3, Igreja do Santíssimo Sacramento (Porto) nº 4, Igreja da Serra do Pilar (Vila Nova de Gaia) nº 15 e Sé de Braga, nº 18.

A dispersão dos valores do *RASTI-Pulpito* encontrados em cada Igreja é muito variável. O caso com menor dispersão é o da Igreja de S. Miguel de Nevogilde (Porto), nº 9.

Efeito da posição em que foi executada a medição do *RASTI-Pulpito* nas 19 igrejas que, dentro da amostra das 31 estudadas, são detentoras de púlpitos (ver Quadro5.12):

Quadro 5.12 - Lista das igrejas estudadas detentoras de púlpito.

IGREJA Nº	IGREJA NOME	POSIÇÃO			
		A	B	C	D
1	Igreja da Lapa	23.20	12.20	-6.80	-17.30
2	Igreja dos Clérigos	8.60	5.90	-10.43	-15.73
3	Igreja de Santo Ildefonso	11.10	8.40	-4.70	-9.20
4	Igreja do Santíssimo Sacramento	6.90	4.10	-10.60	-18.70
6	Igreja de S. Francisco	4.40	11.10	-18.30	-25.30
7	Igreja do Convento dos Grilos	7.20	5.90	-12.20	-14.30
8	Igreja de S. Bento da Vitória	5.20	7.90	-9.90	-16.90
9	Igreja de São Miguel de Nevogilde	6.40	3.40	-5.10	-6.30
11	Igreja de Santa Clara	6.40	2.45	-7.50	-10.60
15	Igreja da Serra do Pilar	7.50	14.10	-15.10	-22.40
16	Igreja do Mosteiro de Grijó	9.70	3.70	-8.80	-14.10
17	Igreja do Mosteiro de Tibães	11.40	3.70	-11.30	-17.70
18	Sé de Braga	6.30	15.70	-26.20	-36.50
19	Igreja do Mosteiro de Pombeiro	4.50	5.30	-11.00	-16.80
21	Igreja de Bustelo	8.30	4.90	-11.60	-19.10
26	Igreja de S. João Baptista	14.50	6.40	-6.80	-9.60
28	Igreja de Stª Maria da Azurara	6.50	3.40	-8.20	-13.00
29	Igreja Matriz de Vila do Conde	8.20	3.60	-8.70	-14.60
31	Igreja de Santa Clara, Vila do Conde	6.50	6.20	-5.10	-10.60

De acordo com os resultados das medições efectuadas, o valor médio do parâmetro *RASTI-Púlpito* é mais elevado para as medidas feitas na posição *B*. Este resultado corrobora a hipótese de que o valor da medição do RASTI diminui à medida em que a distância entre o emissor e o

receptor aumenta, dado que o púlpito se encontra mais próximo da posição *B* do que de qualquer uma das outras posições (ver Figuras 5.12 e 5.13).

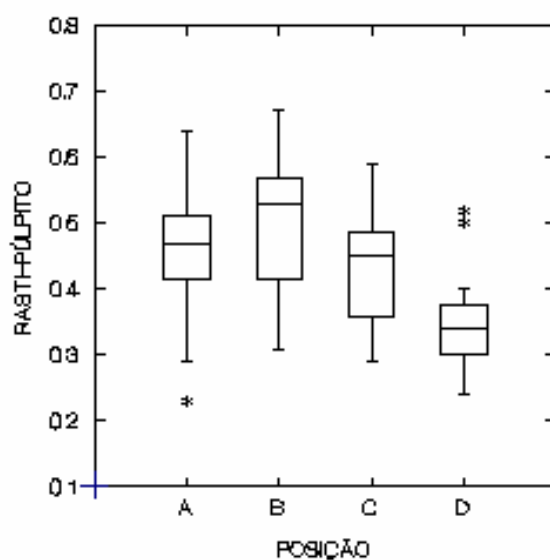


Figura 5.12 - Relação entre os valores do parâmetro *RASTI-Pulpito* e a posição em que foi tomada a medida, considerando as 19 igrejas com púlpito.

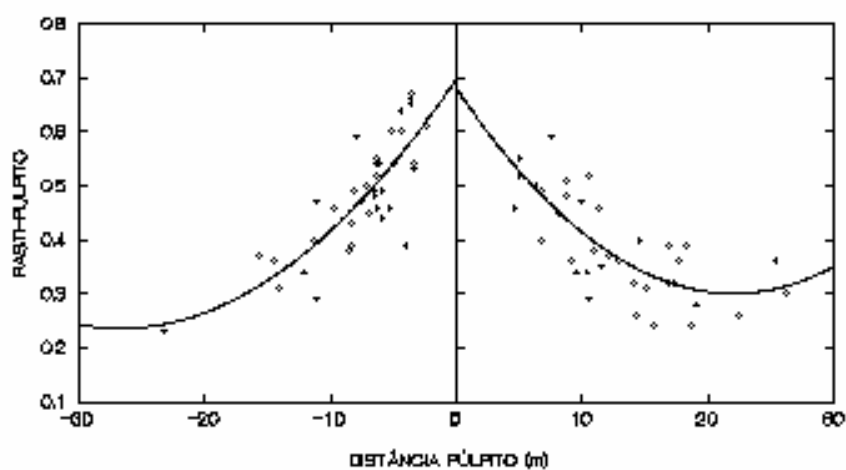


Figura 5.13 - Relação entre o valor do *RASTI-Pulpito* e a distância do receptor à fonte sonora (valores negativos representam distâncias em direcção ao altar).

### 5.2.2 Correlação entre *RASTI-Altar*, *RASTI-Instalação-Sonora* e *RASTI-Púlpito*

Determina-se neste subcapítulo o relacionamento que existe entre as três medidas *RASTI-Altar*, *RASTI-Instalação-Sonora* e *RASTI-Púlpito*, através de análises estatísticas.

A abordagem que se segue é feita de dois modos:

utilizando todos os dados recolhidos (todas as posições)

controlando os dados pelas posições em que o receptor foi colocado para avaliar a medida do RASTI ( *A*, *B*, *C* e *D* ).

Entrando em linha de conta com os dados relativos a todas as posições, verifica-se que as medições correspondentes ao *RASTI-Altar* apresentam uma maior dispersão de valores do que nos casos do *RASTI-Instalação-Sonora* e *RASTI-Púlpito*. Esta ideia é dada pelos valores da amplitude e do desvio padrão. Uma vez que estes dois dados estatísticos são mais elevados para o *RASTI-Altar*, pode concluir-se que a variação dos resultados é maior neste caso. Por sua vez, a menor dispersão de resultados acontece para o *RASTI-Instalação-Sonora*.

No que respeita à normalidade da distribuição de resultados, o coeficiente de assimetria é maior para o *RASTI-Altar*. Em seguida essa tendência é mais acentuada para o *RASTI-Instalação-Sonora* do que para o *RASTI-Púlpito*. Para o coeficiente de curtose verifica-se a tendência de valores positivos para o *RASTI-Instalação-Sonora* e para o *RASTI-Altar*, significando curvas de frequência com achatamento inferior à curva de Gauss- distribuição leptocúrtica. O achatamento do gráfico por comparação com a curva normal, relativo ao *RASTI-Púlpito* é mais acentuado, já que o valor do coeficiente é negativo.

Usando todas as medições efectuadas nas 31 igrejas (124 observações médias para cada um dos parâmetros *RASTI-Altar*, *RASTI-Instalação-Sonora* e 76 valores médios para o *RASTI-Púlpito*) estabeleceram-se os coeficientes de correlação de Pearson referidos no Quadro 5.13.

Quadro 5.13 - Coeficientes de correlação (  $|R|$  para uma relação linear ) entre os três RASTI utilizados nos ensaios de campo.

Parâmetros	<i>RASTI-Altar</i>	<i>RASTI-Púlpito</i>
<i>RASTI-Instalação-Sonora</i>	0.51	0.39
<i>RASTI-Púlpito</i>	0.45	-

A melhor correlação obtida por ajuste linear refere-se ao *RASTI-Altar*/*RASTI-Instalação-Sonora*, não apresentando no entanto um valor muito significativo.

Para se conhecer melhor a relação entre o *RASTI-Altar* e o *RASTI-Púlpito*, criou-se o seguinte gráfico (ver Figura 5.14):

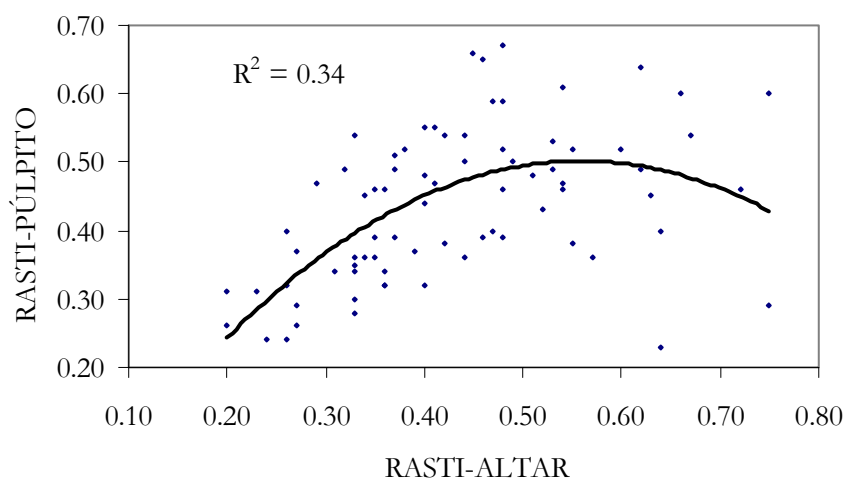


Figura 5.14 - Relação entre os valores do RASTI resultantes da fonte sonora posicionada no púlpito e no altar.

A particularidade registada no gráfico de a um mesmo valor do *RASTI-Púlpito* corresponderem dois valores diferentes para o *RASTI-Altar* ( por ex: a 0.45 corresponderem 0.40 ou 0.72) é possível, pois depende de se estar "perto" ou "longe" do altar (ver Figura 5.15).

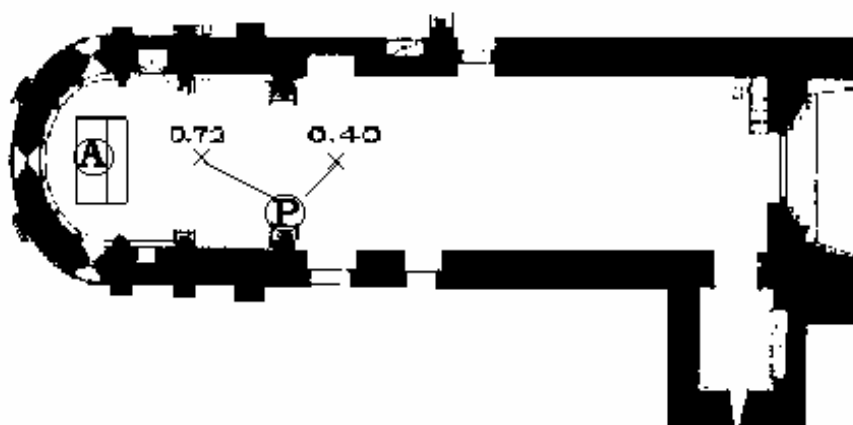


Figura 5.15 - *RASTI-Altar* / *RASTI-Púlpito*.



A função de transferência com melhor ajuste encontrada para correlacionar estes dois parâmetros é quadrática, com um quadrado do coeficiente de correlação de  $R^2 = 0.34$  e pode exprimir-se da seguinte forma:

$$RASTI-P\acute{u}lpito = -0.12 + 2.24(RASTI-Altar) - 2.01(RASTI-Altar)^2$$

Relativamente à relação existente entre o *RASTI-Altar* e o *RASTI-Instalação-Sonora*, veja-se o gráfico representado na Figura 5.16:

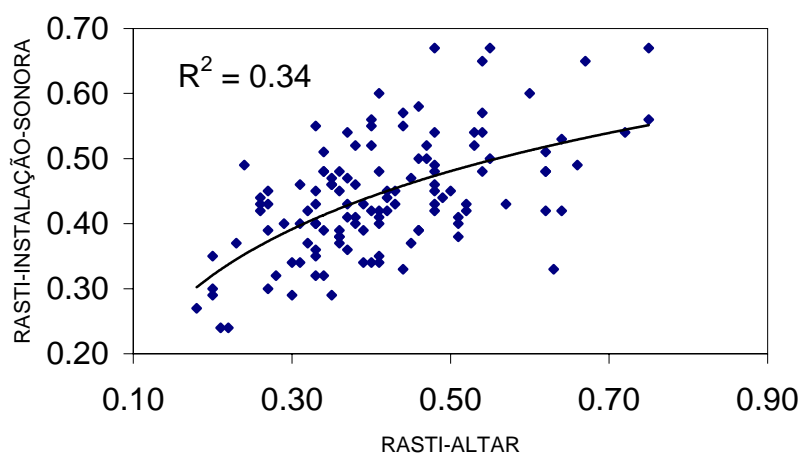


Figura 5.16 - Relação entre os valores do RASTI resultantes da fonte sonora posicionada no ambão, com a instalação sonora activa e no altar (com curva de ajuste logarítmica).

A função de transferência com melhor ajuste encontrada para correlacionar estes dois parâmetros é logarítmica, com um quadrado do coeficiente de correlação de  $R^2 = 0.34$  e pode exprimir-se da seguinte forma:

$$RASTI-ALTAR = 0.6 + 0.17 \log(RASTI-Instalação-Sonora)$$

Para se ficar a conhecer a relação existente entre o *RASTI-Púlpito* e o *RASTI-Instalação-Sonora*, criou-se o gráfico representado na Figura 5.17:

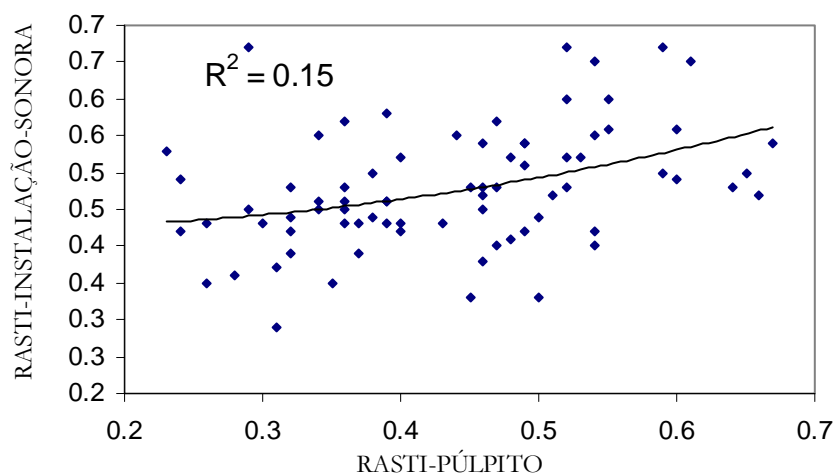


Figura 5.17 - Relação entre os valores do RASTI resultantes da instalação sonora activa e da fonte sonora posicionada no púlpito (com curva de ajuste quadrática).

A função de transferência com melhor ajuste encontrada para correlacionar estes dois parâmetros é quadrática, com um quadrado do coeficiente de correlação de  $R^2 = 0.15$  e pode exprimir-se da seguinte forma:

$$(RASTI-Instalação-Sonora) = 0.43 + 0.07(RASTI-Púlpito) + 0.41(RASTI-Púlpito)^2$$

### 5.2.2.1 PÚLPITO

Seguidamente desenvolve-se uma análise comparativa de valores do RASTI, de modo a verificar-se se o uso do púlpito contribui ou não para a melhoria da inteligibilidade nas igrejas estudadas. Assim, vai ser analisada a relação do ganho nos valores do RASTI face à distância ao altar. O termo *ganho* aqui corresponde à diferença existente entre os valores das medições do RASTI com a fonte sonora localizada no púlpito e o valor da medição de referência do RASTI com a fonte sonora situada perto do altar:

$$Ganho\ RASTI = (RASTI-Púlpito) - (RASTI-Altar)$$

Como se pode ver no gráfico da Figura 5.18, independentemente da distância ao altar parece não existir vantagem na utilização do púlpito para localização da fonte sonora, dado que esta situação não acarretaria melhoria generalizada nos valores das medições do RASTI. Tal resultado fica

possivelmente a dever-se ao facto de ao transferir-se a fonte sonora para o púlpito aumentar-se a distância entre ela e os auditores acomodados nas bancadas mais próximas do altar, Posição *A*. Por sua vez a posição *B* passa a ser a mais próxima da fonte sonora. Significa isto que com a transposição da fonte sonora, apenas se alteraram as distâncias relativas, entre cada posição e a fonte sonora, não existindo diferença significativa em termos de resultados globais.

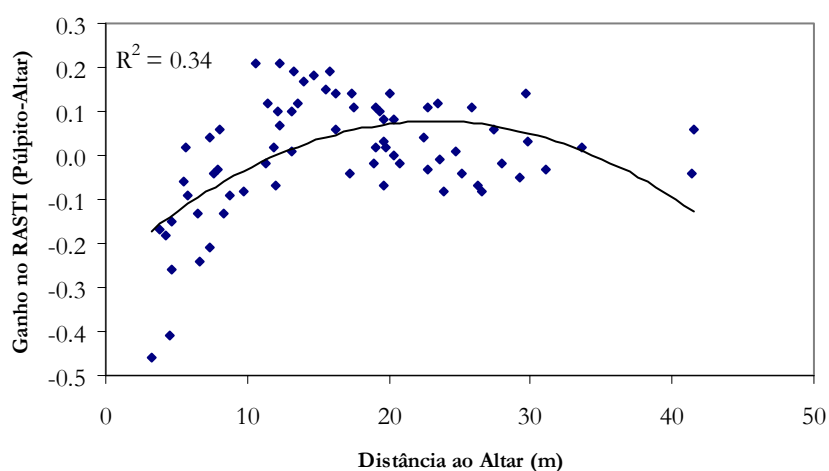


Figura 5.18 - Análise do ganho do RASTI (RASTI Púlpito - RASTI Altar) por transferência da posição da fonte sonora do Altar para o Púlpito e a distância ao altar, tendo por base os valores medidos nas 19 Igrejas detentoras de púlpitos.

A função de transferência encontrada por ajuste quadrático foi a seguinte:

$$\text{Ganho RASTI} = -0.257 + 0.029(\text{Distância altar}) - 0.0006(\text{Distância altar})^2$$

A correlação existente entre os dois parâmetros é  $R^2 = 0.34$ . Isto significa portanto que o valor do ganho no RASTI é correlacionável com a distância ao altar.

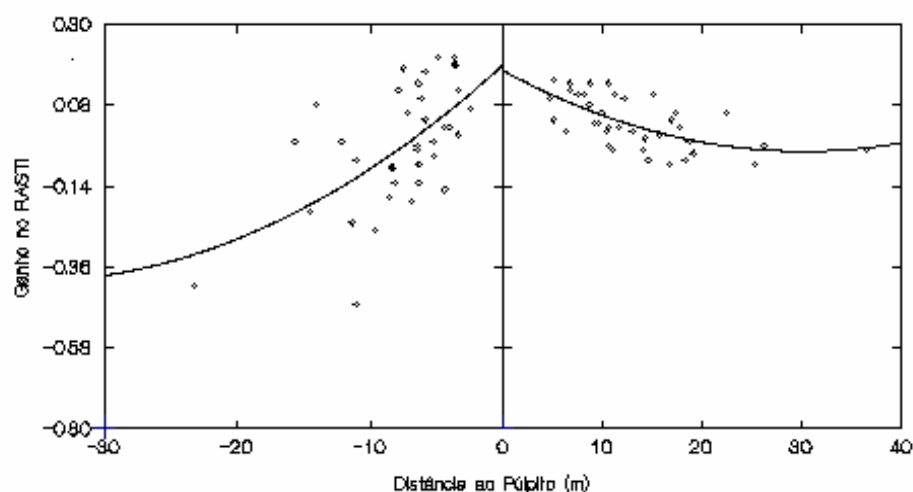


Figura 5.19 - Análise da correlação existente entre o ganho do RASTI com a transferência da posição da fonte sonora do púlpito para o altar e a distância do púlpito ao receptor, tendo por base os valores medidos nas 19 Igrejas detentoras de púlpitos \_  $Ganho\ RASTI = (RASTI-Púlpito) - (RASTI-Altar)$ .

Usando os dados de todas as Igrejas relativos a cada posição *A*, *B*, *C* e *D*, construiu-se o gráfico representado na Figura 5.20, que reproduz a diferença entre os valores do *RASTI-Púlpito* e do *RASTI-Altar*, verificadas em cada uma das quatro posições estudadas nas 31 igrejas :

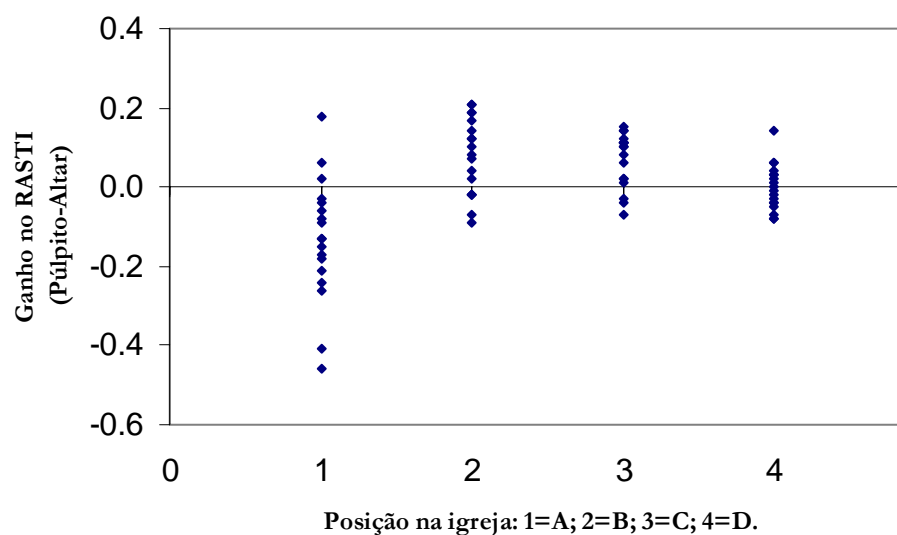


Figura 5.20 - Relação entre a diferença dos valores do RASTI resultantes da fonte sonora posicionada no púlpito e no altar, com a posição em que foi feita a medição.

Desta abordagem conclui-se que o efeito do púlpito só é benéfico para os auditores que estão posicionadas na zona central da igreja (posições *B* e *C*), unicamente por estarem mais próximos da localização da fonte sonora (no púlpito). Embora esta situação varie de igreja para igreja, pode dizer-se que duma maneira geral para os auditores que ocupam as bancadas mais próximas do altar o uso do púlpito é prejudicial à inteligibilidade da palavra. Para as localizações mais próximas do acesso principal da igreja, mais distantes do altar, não é muito significativa a diferença de inteligibilidade proveniente da localização da fonte no altar ou no púlpito, piorando ligeiramente na última situação. Um outro aspecto que influencia a inteligibilidade da palavra é o de que com o uso do púlpito a emissão é feita a uma cota mais elevada, não havendo obstáculos à passagem do som. Este efeito é bem visível comparando os dois gráficos apresentados (Figura 5.4- *RASTI-Altar* e Figura 5.11- *RASTI-Púlpito*).

De referir a este propósito que foram medidas todas as alturas das soleiras dos púlpitos existentes nas igrejas estudadas (ver Anexo F), constatando-se que a maior corresponde a 5.13 m, na igreja da Lapa (Porto) e a mais baixa a 2.6 m, na igreja de Santa Maria da Azurara.

O que fica claro desta abordagem é que o uso do púlpito só beneficia as pessoas que estão nas posições centrais da igreja, porque é nesta zona que habitualmente se encontram os púlpitos.

### 5.2.2.2 INSTALAÇÃO SONORA

Seguidamente desenvolve-se uma análise comparativa de valores do RASTI, de modo a verificar-se se o uso das instalações sonoras existentes nas igrejas melhoram substancialmente ou não a inteligibilidade da palavra nas mesmas. Com esse fim estudou-se a relação do ganho nos valores do RASTI face à distância ao altar. Entende-se por ganho no RASTI a diferença existente entre os valores das medições do RASTI com a instalação sonora activa (e a fonte sonora situada no ambão, junto ao altar) e o valor da medição de referência do RASTI com a fonte sonora situada no altar:

$$\text{Ganho RASTI} = (\text{RASTI-Instalação-Sonora}) - (\text{RASTI-Altar})$$

De referir que a posição do ambão é muito próxima ao altar, sendo a distância entre eles muito pequena.

Relativamente ao ganho no RASTI decorrente da activação da instalação sonora, os resultados estão representados na Figura 5.21.

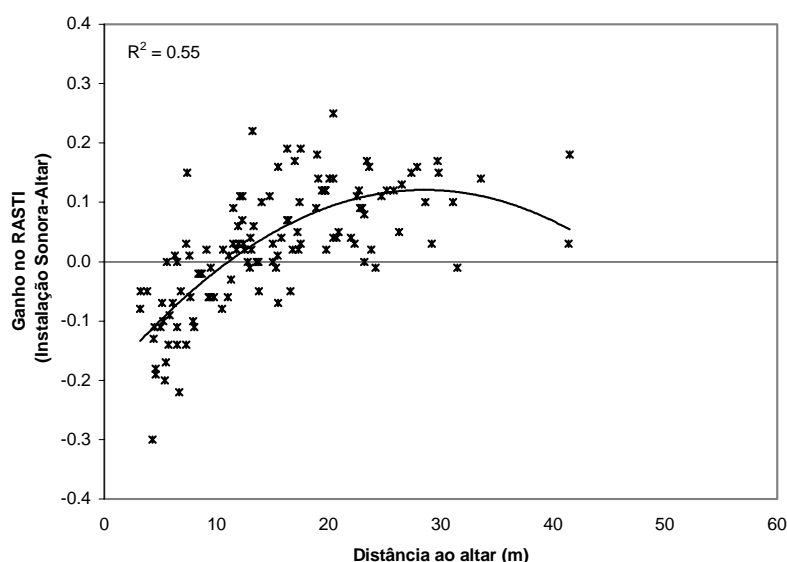


Figura 5.21 - Análise do ganho do RASTI com a instalação sonora ligada, face à distância ao altar\_ Ganho no RASTI = (*RASTI-Instalação-Sonora*) - (*RASTI Altar*).

A equação de correlação de melhor ajuste é quadrática e tem a seguinte expressão:

$$(\text{RASTI-Instal.-Sonora})-(\text{RASTI-Altar}) = -0.0004(\text{Dist.Altar})^2 + 0.023(\text{Dist.Altar}) - 0.202.$$

Para uma distância até cerca de 10 m o valor do *RASTI-Instalação-Sonora* é inferior ao do *RASTI-Altar*. Para distâncias superiores a cerca de 10 metros, existe um ganho no valor do RASTI. Pode concluir-se que o uso de instalação sonora é desfavorável para as posições distanciadas menos de 10 metros do altar só sendo favorável para distâncias ao altar superiores a 10 metros.

Usando os dados de todas as igrejas relativos a cada posição *A*, *B*, *C* e *D*, construiu-se o gráfico da Figura 5.22, que reproduz a diferença entre os valores do *RASTI-Instalação-Sonora* e do *RASTI-Altar*, verificadas em cada uma das quatro posições estudadas nas 31 igrejas (ver Figura 5.22).

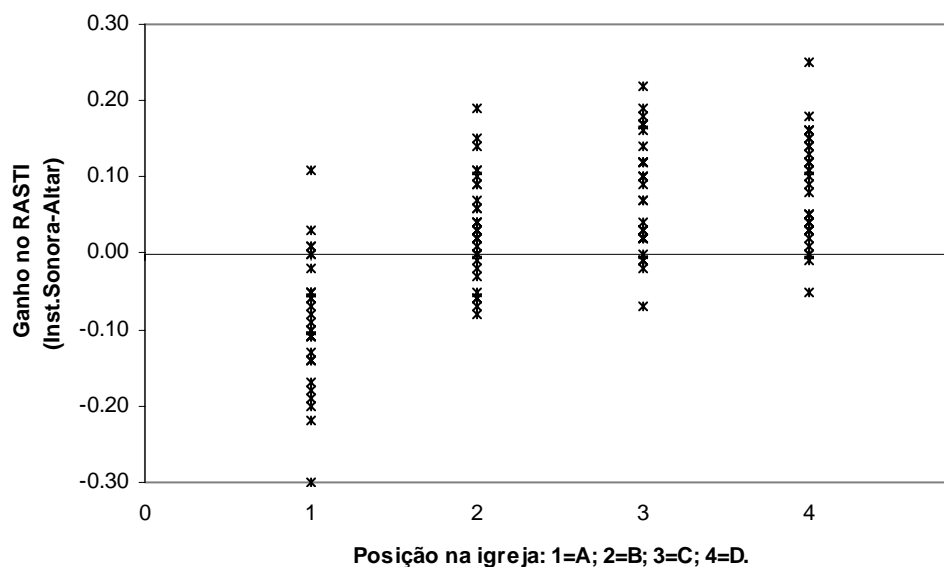


Figura 5.22 - Relação entre o ganho dos valores do RASTI Inst. Sonora/RASTI Altar, com a posição de medição (A, B, C e D).

Mais uma vez se verifica que para a posição A, mais próxima do altar, constata-se perda para o valor do RASTI, com a activação da instalação sonora existente na igreja. Para as restantes três posições a situação é diferente, verificando-se uma melhoria no valor do RASTI.

Conclui-se que o efeito da instalação sonora no valor do RASTI não é vantajoso para a posição mais próxima do altar.

Numa perspectiva histórica será interessante referir que os púlpitos desempenharam um papel de elemento de homogeneização do campo sonoro, localizando-se numa área mais central relativamente à assembleia. Esta função, no séc. XX, está atribuída à instalação sonora.

O aspecto que surge como mais problemático no *RASTI-Instalação-Sonora* respeita às reflexões das ondas sonoras nas paredes do fundo que são atrasadas no tempo, criando misturas de som desfavoráveis à inteligibilidade da palavra.

Cada uma das igrejas estudadas possui um sistema de instalação sonora próprio. Para permitir um melhor conhecimento sobre esta matéria, com a possibilidade de desenvolvimento de trabalhos futuros, levou-se a efeito um levantamento rigoroso de todo o equipamento sonoro existente em cada caso. Dada a diversidade de equipamento encontrado, em determinados casos bastante

sofisticado e noutros de qualidade rudimentar, é possível através da análise da amostra escolhida tirar conclusões que respeitam à generalidade do comum dos casos existentes e não estudados.

De forma a permitir-se conhecer o melhoramento introduzido pela instalação sonora instalada em cada igreja, definiu-se o factor de melhoramento do RASTI ( $F_m$ ), como :

$$F_m = (RASTI_{Inst.-Sonora})_{\text{médio}} / (RASTI_{Altar})_{\text{médio}}$$

Considerando todos os dados recolhidos, construiu-se o Quadro 5.14:

Quadro 5.14 - Factor de melhoramento do RASTI ( $F_m$ ) considerando todas as posições.

nº igreja	Média <i>RASTI_Altar</i>	média <i>RASTI-Instalação-Sonora</i>	$F_m = RASTI\text{-}Instalação\text{-}Sonora / RASTI\text{-}Altar$	$dR = (RASTI\text{-}Instalação\text{-}Sonora) - (RASTI\text{-}Altar)$
5	0.49	0.41	<b>0.83</b>	-0.08
10	0.41	0.36	<b>0.87</b>	-0.05
30	0.42	0.38	<b>0.90</b>	-0.04
12	0.44	0.40	<b>0.91</b>	-0.04
14	0.41	0.38	<b>0.93</b>	-0.03
19	0.48	0.45	<b>0.93</b>	-0.03
13	0.38	0.36	<b>0.93</b>	-0.03
9	0.53	0.51	<b>0.97</b>	-0.02
21	0.38	0.39	<b>1.02</b>	0.01
3	0.48	0.49	<b>1.02</b>	0.01
8	0.47	0.48	<b>1.02</b>	0.01
24	0.46	0.47	<b>1.03</b>	0.01
16	0.48	0.49	<b>1.03</b>	0.02
6	0.55	0.57	<b>1.04</b>	0.02
23	0.40	0.42	<b>1.04</b>	0.02
17	0.45	0.47	<b>1.04</b>	0.02
29	0.49	0.52	<b>1.06</b>	0.03
4	0.38	0.41	<b>1.07</b>	0.03
18	0.41	0.43	<b>1.07</b>	0.03
28	0.41	0.44	<b>1.09</b>	0.04
27	0.29	0.31	<b>1.10</b>	0.03
25	0.37	0.41	<b>1.10</b>	0.04
22	0.40	0.45	<b>1.12</b>	0.05
11	0.56	0.66	<b>1.18</b>	0.10
20	0.22	0.26	<b>1.19</b>	0.04
7	0.33	0.39	<b>1.21</b>	0.07
1	0.38	0.46	<b>1.22</b>	0.08
26	0.42	0.51	<b>1.22</b>	0.09
31	0.44	0.54	<b>1.24</b>	0.11
2	0.38	0.52	<b>1.38</b>	0.14
15	0.23	0.35	<b>1.53</b>	0.12
		<b>média</b>	<b>1.07</b>	<b>0.03</b>



Conforme está referido na última linha do Quadro 5.14, verifica-se que o uso da instalação sonora melhora, em média, em 7% os valores do RASTI obtidos sem instalação sonora, para cada igreja. Isto corresponde a um melhoramento médio em valor absoluto do parâmetro RASTI em 0.03.

De forma análoga se desenvolveu o cálculo do factor de melhoramento sem considerar as medições relativas à posição *A*, mais próxima da fonte sonora (ver Quadro 5.15).

Constata-se que se não for considerada a posição *A*, a instalação sonora melhora em média em 19% o valor do RASTI.

Quadro 5.15 - Factor de melhoramento do RASTI ( $F_m$ ) considerando apenas as posições *B*, *C* e *D*.

nº igreja	$F_m = \text{RASTI-Instalação-Sonora} / \text{RASTI-Altar}$
5	0.90
10	0.93
30	0.95
13	0.95
12	0.96
9	0.96
19	1.01
14	1.01
24	1.04
3	1.10
23	1.11
21	1.12
25	1.14
18	1.16
29	1.17
8	1.17
6	1.19
16	1.20
27	1.22
28	1.23
20	1.23
22	1.23
17	1.26
11	1.27
31	1.34
7	1.44
4	1.44
26	1.47
1	1.50
15	1.60
2	1.64
<i>média</i>	<i>1.19</i>

### 5.3 RELAÇÃO ENTRE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA E RASTI

Com o objectivo de definir a relação existente entre o RASTI e a inteligibilidade avaliada em testes subjectivos em língua Portuguesa, analisaram-se os resultados entre os valores obtidos nas medições do *RASTI-Altar* com os resultados dos testes de audição com discurso ao vivo, *P80*, desenvolvidos nas 31 igrejas.

Para o efeito, apresenta-se uma análise comparativa com todos os dados recolhidos nas trinta e uma igrejas estudadas, tendo as medições do RASTI e os testes com auditores sido conduzidos nas mesmas quatro posições em cada Igreja.

Através da utilização do programa SYSTAT® foram testados quatro modelos simples de equações de ajuste, designadamente linear ( $y=a+b.x$ ), logarítmica ( $y=a+b.\log x$ ), quadrática ( $y=a+b.x+c.x^2$ ) e potencial ( $y=a.x^b$ ). Os valores de  $R^2$  correspondentes a cada um dos modelos estão representados no Quadro 5.16.

Quadro 5.16 - Coeficiente  $R^2$  das relações entre *P80* e RASTI, para os quatro modelos de ajuste matemático.

TIPO DE AJUSTE	$R^2$
Linear	0.462
Quadrático	0.505
Potencial	0.489
Logarítmico	0.489

Da análise do Quadro 5.16, verifica-se que o melhor ajuste apresentado é o quadrático ( $R^2=0.505$ ).

O gráfico representado na figura 5.23 mostra a relação entre as medições do RASTI com a fonte sonora no altar e a avaliação subjectiva. A fórmula de previsão encontrada, com melhor ajuste foi:

$$P80 = -62.224(RASTI-Altar)^2 + 88.652(RASTI-Altar) + 48.089$$

e o quadrado do coeficiente de correlação é de 0.50.

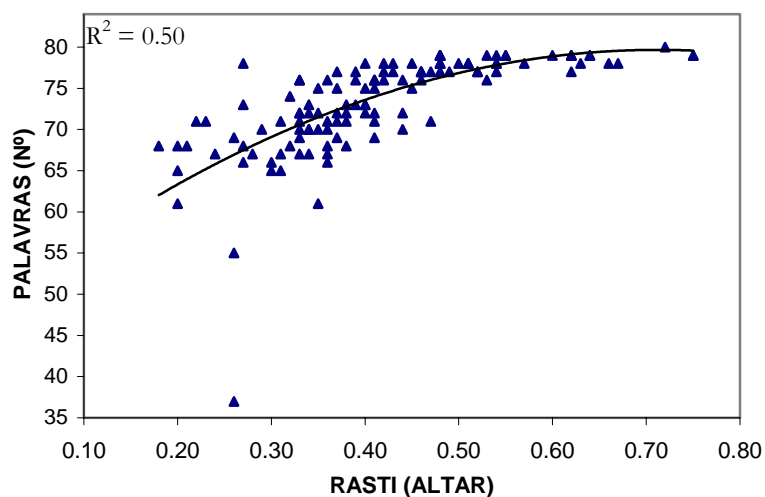


Figura 5.23 - Representação gráfica da relação Palavras ( $P80$ ) vs.  $RASTI$ -Altar, com curva de ajuste quadrática.

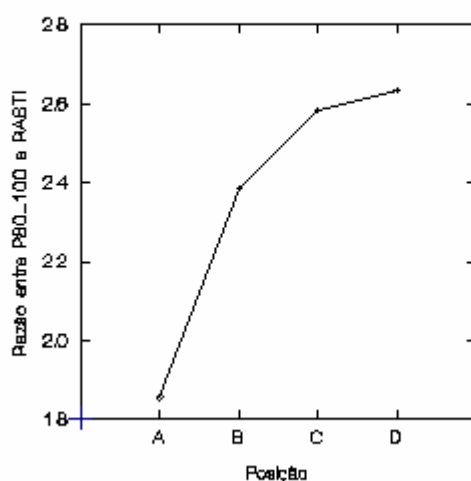


Figura 5.24 - Diferença entre a razão dos resultados dos testes subjectivos de inteligibilidade da palavra ( $P80_{100}$ ) e os valores do RASTI com a fonte sonora no altar ( $RASTI$ -Altar), para as quatro posições registadas.

Se se estudar a variação da razão entre os resultados dos testes subjectivos de inteligibilidade da palavra ( $P80_{100}$ ) e os valores do RASTI com a fonte sonora no altar, agrupando as posições em

$A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ , verifica-se que o seu valor aumenta à medida que se passa da posição  $A$  para a  $B$ , da  $B$  para a  $C$  e da  $C$  para a  $D$ . Isto significa que a razão cresce com a distância do receptor ao altar, o que permitirá ajustar as possíveis expressões de correlação e previsão.

Estudando a relação dos dois valores subdividindo a amostra em quatro, de forma a corresponder a cada uma das quatro posições, obtêm-se os resultados da Figura 5.25.

A análise desenvolvida neste capítulo, permite concluir que o parâmetro RASTI pode ser um elemento útil para avaliar a inteligibilidade da palavra em língua Portuguesa. Com a determinação da função de transferência atrás referida, atingiu-se um dos objectivos deste estudo.

A sua aplicação permite determinar a inteligibilidade da palavra unicamente através do conhecimento do valor do RASTI em cada ponto de cada igreja, embora com um certo grau de incerteza. Esta incerteza será reduzida com a inclusão de outros parâmetros em acréscimo do RASTI conforme os próximos capítulos indicarão.

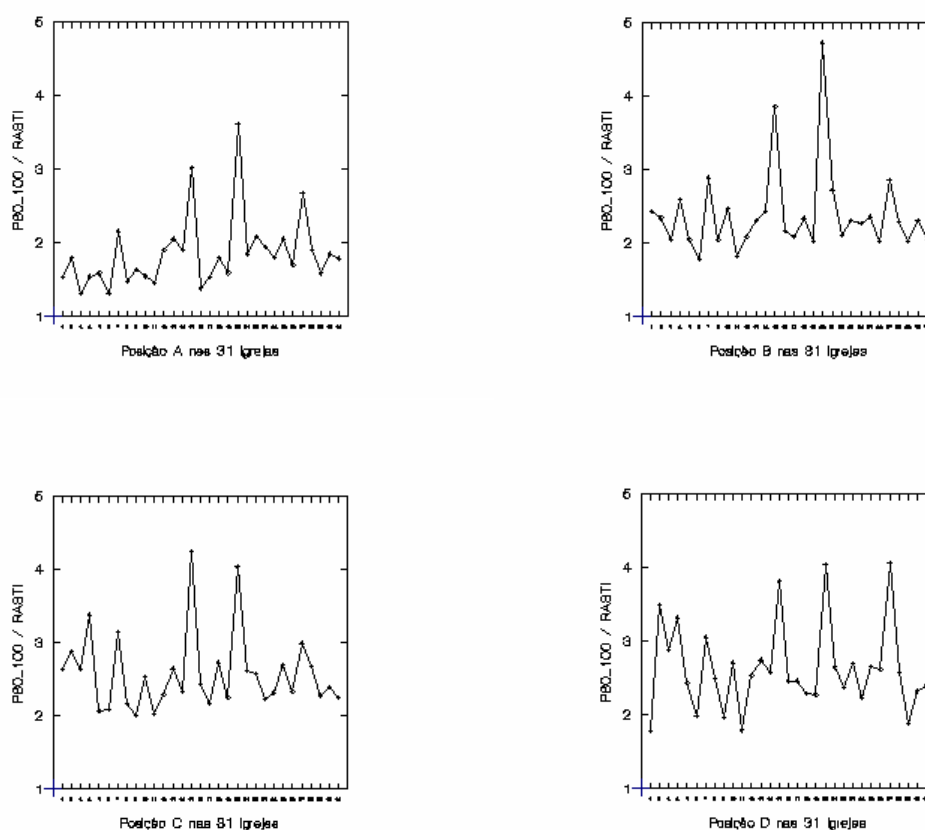


Figura 5.25 - Razão entre os resultados dos testes subjectivos de inteligibilidade da palavra ( $P80_{100}$ ) e os valores do RASTI com a fonte sonora no altar, em todas as posições, agrupadas por posição  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ .

## ***5.4 RELAÇÃO ENTRE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA E PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS***

### **5.4.1 Objectivos**

O objectivo deste capítulo é analisar de que forma os parâmetros arquitectónicos das Igrejas se relacionam com o seu comportamento acústico na óptica da inteligibilidade da palavra. Para o efeito vão analisar-se as variações encontradas nos resultados dos testes subjectivos, *P80\_100*, considerando esta como variável dependente.

### **5.4.2 Parâmetros Arquitectónicos**

Os parâmetros arquitectónicos utilizados foram seleccionados tendo por base as escolhas feitas em estudos acústicos já realizados sobre salas de concerto e igrejas (Barron e Lee, 1988; Bradley, 1989; Carvalho, 1994; Gade, 1990; Hook, 1989; Morgado, 1996). De entre os catorze parâmetros escolhidos incluem-se medidas lineares, medidas quadráticas e medidas cúbicas. Foram igualmente considerados a superfície de absorção sonora equivalente total de cada igreja e o coeficiente de absorção sonoro médio dos materiais utilizado no revestimento interior das Igrejas. Incluiu-se também a distância ao altar, apesar de este parâmetro variar dentro da mesma igreja uma vez que representa a distância entre o emissor (neste caso sempre posicionado no altar) e o receptor, que pode assumir quatro diferentes posições dentro da igreja. Apesar de ser de natureza diferente entendeu-se dever considerar este parâmetro uma vez que só com ele é possível localizar um receptor no espaço interior da Igreja; a envolvente de qualquer receptor só fica arquitectonicamente bem definida se forem conhecidos os 13 parâmetros caracterizadores da arquitectura da igreja e o parâmetro correspondente à distância ao altar, que caracteriza a posição do receptor face ao emissor.

Os catorze parâmetros arquitectónicos considerados estão referidos no Quadro 5.17 e o Quadro 5.18 apresenta uma abordagem estatística simples sobre cada um deles.

Os valores de cada um dos parâmetros arquitectónicos das 31 igrejas estudadas estão referidas no Anexo H.

Quadro 5.17 - Descrição dos catorze parâmetros arquitectónicos considerados.

DESIGNAÇÃO	DEFINIÇÃO
Vol.total	Volume Total (m <sup>3</sup> )
Vol.nave	Volume da Nave (m <sup>3</sup> )
Area Total	Área Total (m <sup>2</sup> )
Area nave	Área da Nave (m <sup>2</sup> )
L.max	Comprimento Máximo (m)
L.nave	Comprimento da Nave (m)
H.max	Altura Máxima (m)
H.nave	Altura da Nave (m)
Larg.nave	Largura da Nave (m)
Larg.média	Largura média (m)
H.méd.total	Altura média total (m) (= Volume Total / Área Total)
Abso.Total	Superfície de Absorção Sonora Equivalente Total (m <sup>2</sup> )
Coef.Abso.médio	Coefficiente de Absorção Médio de todas as superfícies
D_Altar	Distância do receptor (ouvinte ou RASTI-receptor) ao altar (leitor ou RASTI-emissor) (m)

NOTA: NAVE - espaço total da igreja excluindo as capelas laterais e a capela-mor

TOTAL - espaço interior de toda a igreja

Quadro 5.18 - Dados estatísticos simples dos catorze parâmetros arquitectónicos.

Parâmetros Arquitectónicos	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	VALOR MÉDIO	MEDIANA	COEFICIENTE DE ASSIMETRIA	COEFICIENTE DE CURTOSE
Volume Total (m <sup>3</sup> )	13	30380	8038	6816	1.63	4.14
Volume da Nave (m <sup>3</sup> )	558	26146	6036	5166	2.13	6.48
Área Total (m <sup>2</sup> )	108	1300	593	549	0.36	-0.62
Área da Nave (m <sup>2</sup> )	69	1137	410	361	0.87	0.28
Comprimento Máximo (m)	17.9	63.3	39.3	37.2	0.32	-0.82
Comprimento da Nave (m)	11.6	48.6	26.6	25.1	0.51	-0.57
Altura Máxima (m)	5.9	35.1	15.8	16.1	1.05	2.47
Altura da Nave (m)	5.3	26	13.9	14.7	0.50	0.17
Largura da Nave (m)	5.4	26.1	14.1	14.9	0.40	-0.76
Largura média (m)	5.4	28.8	14.5	15.3	0.29	-0.54
Altura média total (m)	5.8	24.7	12.5	12.4	0.71	0.52
Absorção Total (m <sup>2</sup> )	21	962	206.968	183	3.04	11.34
Coefficiente de Absorção Médio	0.03	0.23	0.08	0.07	1.63	2.07
Distância ao Altar (m)	3.2	41.5	15.32	13.90	0.71	0.27

### 5.4.3 Relação entre *P80\_100* e os parâmetros arquitectónicos

Fazendo uma análise de modelos simples lineares, relacionando o *P80\_100* com cada um dos catorze parâmetros arquitectónicos, obteve-se o Quadro 5.19. Como já se referiu em 5.1.1 o *P80\_100* representa a quantidade percentual das palavras que formaram a lista das 80 palavras lidas e que foram correctamente compreendidas por cada auditor. Consta-se que o parâmetro distância ao altar se relaciona com um  $|R| = 0.75$ , o que significa que para este parâmetro se pode encontrar uma relação linear de dependência com significado estatístico; para os outros casos  $|R| < 0.25$  (ver Quadro 5.19). Esta situação encontra justificação no facto de se estar a relacionar a inteligibilidade com apenas um dos parâmetros arquitectónicos, em cada análise.

Quadro 5.19 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (R) entre cada um dos parâmetros arquitectónicos e o parâmetro acústico subjectivo *P80\_100*.

	D_ALTAR	VOLTOT	VOLNAVE	AREATOT	AREANAV	LMAX	LNAV	HMAX	HNAV	LARGNAV	LARGMED	HMEDTOT	ABSOTOT	CFABSOME
VOLTOT														
VOLNAVE		<b>0.972</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREATOT		0.846	0.799	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AREANAV		0.81	0.838	<b>0.902</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LMAX		0.699	0.665	0.692	0.712	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LNAV		0.739	0.729	0.768	<b>0.862</b>	<b>0.868</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
HMAX		0.563	0.564	0.309	0.364	0.581	0.546	-	-	-	-	-	-	-
HNAV		0.587	0.556	0.269	0.292	0.555	0.526	<b>0.937</b>	-	-	-	-	-	-
LARGNAV		0.5	0.56	0.642	0.775	0.373	0.491	0.307	0.174	-	-	-	-	-
LARGMED		0.527	0.542	0.691	0.8	0.412	0.552	0.28	0.16	<b>0.946</b>	-	-	-	-
HMEDTOT		0.649	0.633	0.282	0.376	0.553	0.558	<b>0.864</b>	<b>0.941</b>	0.233	0.241	-	-	-
ABSOTOT		0.49	0.536	0.456	0.577	0.449	0.574	0.32	0.294	0.41	0.461	0.385	-	-
CFABSOME		-0.124	-0.072	-0.141	-0.141	-0.161	-0.204	-0.182	-0.186	-0.136	-0.149	-0.176	0.478	-
<i>P80_100</i>	-0.750	-0.169	-0.155	-0.138	-0.099	-0.14	-0.183	-0.219	-0.221	-0.045	-0.045	-0.19	-0.002	0.223

NOTA: Os valores de  $|R| > 0.85$  estão escritos a escuro.

Os valores de *P80\_100* variam dentro de cada igreja, pelo que tentar relacioná-los com um só parâmetro global, para cada caso, seria previsivelmente difícil. Assim é necessário analisar por posição de medição (A, B, C e D), (ver Quadro 5.20).

Quadro 5.20 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (R) entre os parâmetros arquitectónicos e o parâmetro acústico subjectivo *P80\_100* por posição de medição.

VALORES DE R (Ajuste Linear)				
PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS	<i>P80_100</i>			
	A	B	C	D
Volume Total	-0.16	-0.04	-0.30	-0.29
Volume da Nave	-0.20	-0.02	-0.25	-0.28
Área Total	-0.12	0.01	-0.26	-0.25
Área da Nave	-0.07	0.04	-0.17	-0.21
Comprimento Máximo	0.04	0.11	-0.29	-0.27
Comprimento da Nave	-0.01	-0.07	-0.31	-0.35
Altura Máxima	<b>-0.44</b>	-0.19	-0.28	-0.32
Altura da Nave	-0.29	-0.25	-0.28	-0.34
Largura da Nave	-0.24	0.08	-0.03	-0.11
Largura Média	-0.21	0.06	-0.06	-0.08
Altura Média Total	-0.13	-0.20	-0.25	-0.32
Absorção Total	0.09	0.15	0.01	-0.11
Coeficiente de Absorção Médio	0.11	0.35	0.35	0.30

NOTA: Os valores de  $|R| > 0.40$  estão escritos a escuro.

Numa análise controlada por posição (ver Quadro 5.20), conclui-se que o valor do módulo do coeficiente de correlação linear, entre *P80\_100* e cada um dos parâmetros arquitectónicos, dum modo geral é muito superior. Para o parâmetro *P80\_100* o melhor coeficiente de correlação ocorre com o parâmetro altura máxima, para a posição *A*.

Através da visualização da dispersão dos pontos que relacionam *P80\_100* e alguns dos parâmetros arquitectónicos verificou-se que não são visíveis relações de forte dependência entre estes parâmetros. Seguidamente vão apresentar-se as figuras representativas da relação entre o



$P80_{100}$  e quatro dos parâmetros arquitectónicos cujos valores de  $R^2$  são os mais elevados (ver Figura 5.26).

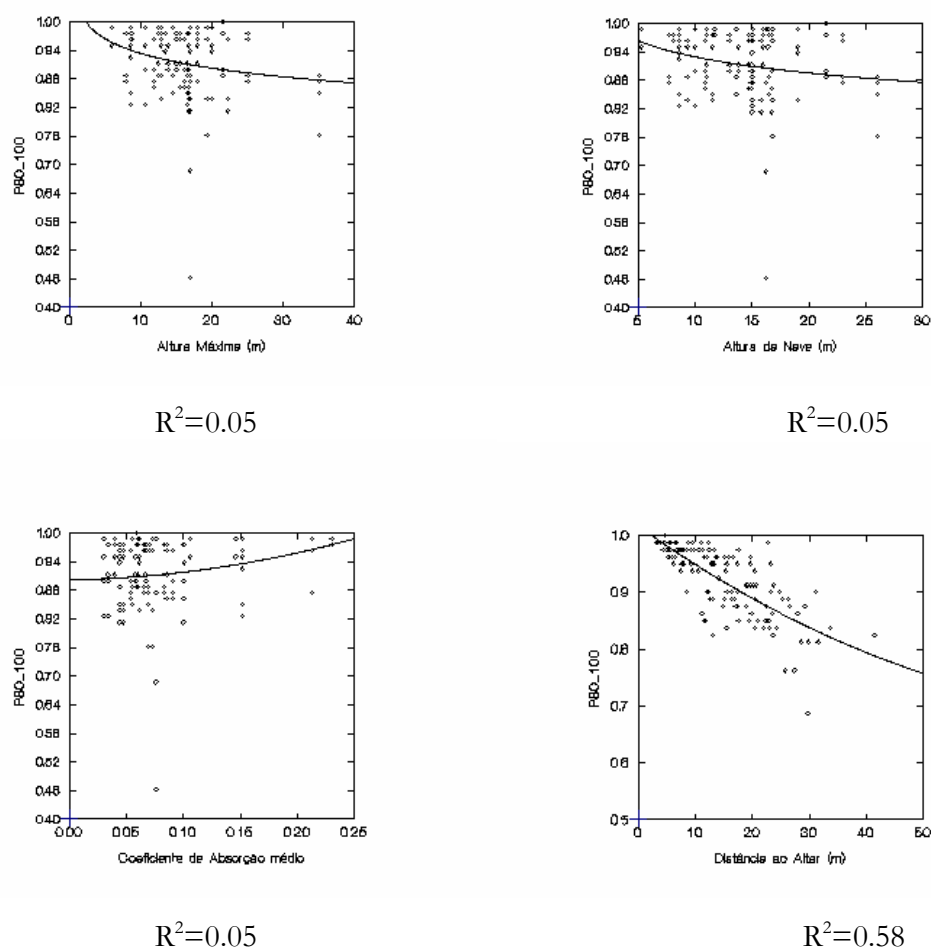


Figura 5.26 - As quatro melhores relações entre  $P80_{100}$  e os parâmetros arquitectónicos.

Dos casos inscritos no Quadro 5.19, exceptuando o caso da Distância ao Altar, todas as outras circunstâncias em que existe uma relação de dependência suficiente para se poder considerar com significado estatístico, respeitam ao mundo da arquitectura e das proporções da construção. São eles :

Volume da nave / Volume total, Área da nave / Área total, Largura da nave / Área da nave, Largura da nave / Largura máxima, Altura da nave / Altura máxima, Largura média / Largura da nave, Altura média total / Altura máxima, Altura média total / Altura da nave.

Através da análise do Quadro 5.19 conclui-se que dos catorze parâmetros arquitectónicos apenas a Distância ao Altar apresenta um coeficiente de correlação linear de Pearson considerável. Assim o valor da inteligibilidade da palavra não pode ser explicado nem previsto com significado estatístico por intermédio de modelos lineares que utilizem unicamente um só dos referidos parâmetros arquitectónicos. Outros modelos são pois necessários. Em sequência irão ser apresentados os resultados obtidos com alguns modelos não lineares (quadrático, logarítmico e exponencial).

No âmbito do presente estudo, das catorze possíveis relações lineares estabelecidas entre *P80\_100* e cada um dos catorze parâmetros arquitectónicos, verifica-se que conforme já se referiu a melhor se dá com o parâmetro distância ao altar ( $|R| = 0.75$ ). Por ordem decrescente de valores de  $|R|$ , sucedem-se-lhe o coeficiente de absorção médio de todas as superfícies ( $|R| = 0.223$ ), a altura da nave ( $|R| = 0.221$ ) e posteriormente a altura máxima ( $|R| = 0.219$ ).

Dado que nos outros casos os valores encontrados para  $R^2$  são muito baixos ( $R^2 < 0.06$ ), considerou-se que deveria ser estudado outro tipo de modelos, com o objectivo de se obterem mais ajustadas fórmulas de previsão da inteligibilidade da palavra através do uso de parâmetros arquitectónicos. Foi então procurado um modelo geral linear, considerando o parâmetro *P80\_100* como o factor dependente e introduzindo os catorze parâmetros arquitectónicos como variáveis. Por intermédio de iterações sucessivas efectuadas por um procedimento do programa SYSTAT®, vão-se excluindo gradualmente as variáveis, até se conseguir obter o melhor ajuste ( $R^2$ ). A fiabilidade do modelo foi avaliada pelo valor do respectivo  $R^2$  que representa a percentagem da variância explicada e através da estimativa do erro padrão das médias, que representa a magnitude das diferenças entre os valores observados e os valores estimados.

Obteve-se a seguinte equação:

$$P80_{100} = 1.001 - 7.0 \times 10^{-3}(D\_ALTAR) + 7.0 \times 10^{-6}(VOLTOT) - 2.0 \times 10^{-5}(VOLNAVE) + 4.6 \times 10^{-4} \\ (AREANAVE) - 4.5 \times 10^{-3}(LNAV) + 5.5 \times 10^{-3}(HNAV) - 6.1 \times 10^{-3}(LARGMED) + 0.389 \\ (CFABSOME)$$

Onde: *P80\_100* - resultados dos testes de inteligibilidade da palavra, *D\_ALTAR* - Distância do receptor ao altar (m), *VOLTOT* - Volume Total (m³), *VOLNAVE* - Volume da Nave (m³), *AREANAVE* - Área da Nave (m²), *LNAV* - Comprimento da Nave (m), *HNAV* - Altura da Nave (m), *LARGMED* - Largura média (m) e *CFABSOME* - Coeficiente de Absorção Médio de todas as superfícies.

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.66 e a estimativa do erro padrão é de 0.04. Os parâmetros que nele estão excluídos são: *Área Total* ( $m^2$ ), *Comprimento Máximo* (m), *Altura Máxima* (m), *Largura da Nave* (m), *Altura média total* (m) e *Absorção Total* ( $m^2$ ).

Tendo por objectivo procurar modelos com melhor ajuste, vai recorrer-se à utilização de alguns modelos simples não lineares, isto é, cada modelo relaciona *P80\_100* com um dos parâmetros arquitectónicos através de expressões não lineares. Testaram-se relações do tipo quadrático ( $y=a+b.x+c.x^2$ ), logarítmico ( $y=a+b.\log x$ ) e exponencial ( $y=a+be^x$ ) e obtiveram-se os resultados para os valores de  $R^2$  registados no Quadro 5.21.

Quadro 5.21 - Modelos simples, não lineares, de ajuste entre *P80\_100* e cada um dos catorze parâmetros arquitectónicos (todas as posições).

EQUAÇÕES	$R^2$
$P80_{100} = 1.062 - 0.017 \log(\text{Vol.total})$	0.053
$P80_{100} = 1.081 - 0.020 \log(\text{Vol.nave})$	0.056
$P80_{100} = 0.960 + 1.4 \times 10^{-4}(\text{Area Total}) + 8 \times 10^{-8}(\text{Area Total})^2$	0.034
$P80_{100} = 0.957 - 0.0001848(\text{Area nave}) + 1.5 \times 10^{-7}(\text{Area nave})^2$	0.037
$P80_{100} = 1.020 - 0.00460(\text{L.max}) + 5 \times 10^{-5}(\text{L.max})^2$	0.029
$P80_{100} = 1.010 - 0.00587(\text{L.nave}) + 8 \times 10^{-5}(\text{L.nave})^2$	0.046
$P80_{100} = 1.037 - 0.045 \log(\text{H.max})$	0.050
$P80_{100} = 1.037 - 0.045 \log(\text{H.nave})$	0.050
$P80_{100} = 1.010 - 0.00587(\text{Larg.nave}) + 8 \times 10^{-5}(\text{Larg.nave})^2$	0.046
$P80_{100} = 0.969 - 0.0075(\text{Larg.média}) + 2 \times 10^{-4}(\text{Larg.média})^2$	0.018
$P80_{100} = 1.032 - 0.0152(\text{H.méd.total}) + 4 \times 10^{-4}(\text{H.méd.total})^2$	0.059
$P80_{100} = 0.939 - 0.0001718(\text{Abso.Total}) + 2 \times 10^{-7}(\text{Abso.Total})^2$	0.020
$P80_{100} = 0.902 + 0.038(\text{Coef.Abso.médio}) + 1.225(\text{Coef.Abso.médio})^2$	0.052
$P80_{100} = 0.988 - 0.002335(\text{D\_Altair}) - 1.2 \times 10^{-4}(\text{D\_Altair})^2$	0.583

Se os 124 dados forem agrupados por posição ocupada pelo receptor (*A*, *B*, *C* e *D*), obtêm-se quatro amostras constituídas por 31 dados cada. De forma análoga ao que foi feito considerando todas as posições, vão definir-se os modelos gerais lineares de melhor ajuste. São:

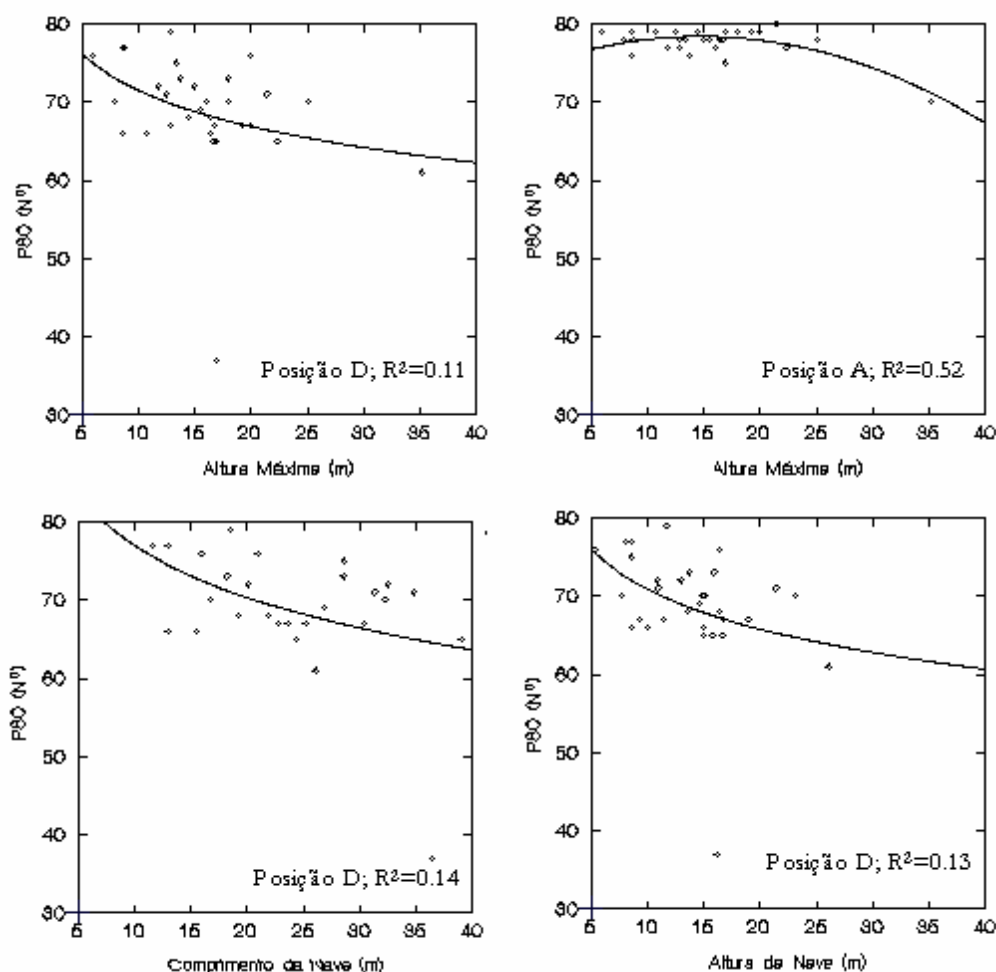


Figura 5.27 - Relação, controlada por posição, entre o valor de  $P80$  e alguns parâmetros arquitectónicos, com melhor coeficiente de correlação.

- Considerando a posição  $A$

$$\begin{aligned}
 P80_{100} = & 1.021 - 3.8 \times 10^{-3}(D\_ALTAR) + 1.2 \times 10^{-5}(VOLTOT) - 2.0 \times 10^{-5}(VOLNAVE) - 7.4 \times 10^{-5} \\
 & (AREATOT) + 2.7 \times 10^{-4}(AREANAV) + 9.1 \times 10^{-4}(LMAX) - 2.7 \times 10^{-3}(LNAV) - 1.8 \\
 & \times 10^{-3}(HMAX) + 3.9 \times 10^{-3}(LARGNAV) - 7.4 \times 10^{-3}(LARGMED) + 2.8 \times 10^{-3} \\
 & (HMEDTOT) + 4.5 \times 10^{-5}(ABSOTOT)
 \end{aligned}$$

O  $R^2$  é igual a 0.90 e a estimativa do erro padrão é de 0.01.

Os parâmetros que estão excluídos do modelo são: Altura da Nave (m) e o Coeficiente de Absorção Médio de todas as superfícies.

- Considerando a posição *B*

$$P80_{100}=0.960-6.7 \times 10^{-3}(D\_ALTAR)+1.9 \times 10^{-3}(LMAX)-3.0 \times 10^{-3}(HMEDTOT)+0.292(CFABSOME)$$

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.46 e a estimativa do erro padrão é de 0.03.

Os parâmetros que nele estão excluídos são: Volume Total ( $m^3$ ), Volume da Nave ( $m^3$ ), Área Total ( $m^2$ ), Área da Nave ( $m^2$ ), Comprimento da Nave (m), Altura Máximo (m), Altura da Nave (m), Largura da Nave (m), Largura média (m) e Absorção Total ( $m^2$ ).

- Considerando a posição *C*

$$P80_{100}=1.015-1.2 \times 10^{-2}(D\_ALTAR)-2.4 \times 10^{-5}(VOLNAVE)+9.7 \times 10^{-5}(AREATOT)+7.0 \times 10^{-4}(AREANAV)-6.2 \times 10^{-3}(LNAV)+1.3 \times 10^{-2}(HNAV)-1.1 \times 10^{-2}(LARGMED)+0.554(CFABSOME)$$

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.74 e a estimativa do erro padrão é de 0.04. Os parâmetros que nele foram excluídos são: Volume Total ( $m^3$ ), Comprimento Máximo (m), Altura Máxima (m), Largura da Nave (m), Altura média total (m) e Absorção Total ( $m^2$ ).

- Considerando a posição *D*

$$P80_{100}=1.011-1.0 \times 10^{-2}(D\_ALTAR)+1.6 \times 10^{-5}(VOLTOT)-2.7 \times 10^{-5}(VOLNAVE)+1.9 \times 10^{-4}(AREANAV)+0.626(CFABSOME)$$

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.53 e a estimativa do erro padrão é de 0.07.

Os parâmetros que nele foram excluídos são: Área Total ( $m^2$ ), Comprimento Máximo (m), Comprimento da Nave (m), Altura Máxima (m), Altura da Nave (m), Largura da Nave (m), Largura média (m), Altura média total (m) e Absorção Total ( $m^2$ ).

Quadro 5.22 - Equações de previsão para  $P80_{100}$  em função de Parâmetros Architectónicos

DADOS	FÓRMULA ( $P80_{100}=.....$ )	R <sup>2</sup>	ERRO PADRÃO
Todos	$1.001-7.0 \times 10^{-3}(D_{ALTAR})+7.0 \times 10^{-6}(VOLTOT)-2.0 \times 10^{-5}(VOLNAVE)+4.6 \times 10^{-4}(AREANAV)-4.5 \times 10^{-3}(LNAV)+5.5 \times 10^{-3}(HNAV)-6.1 \times 10^{-3}(LARGMED)+0.389(CFABSOME)$	0.66	0.04
Posição A	$1.021-3.8 \times 10^{-3}(D_{ALTAR})+1.2 \times 10^{-5}(VOLTOT)-2.0 \times 10^{-5}(VOLNAVE)-7.4 \times 10^{-5}(AREATOT)+2.7 \times 10^{-4}(AREANAV)+9.1 \times 10^{-4}(LMAX)-2.7 \times 10^{-3}(LNAV)-1.8 \times 10^{-3}(HMAX)+3.9 \times 10^{-3}(LARGNAV)-7.4 \times 10^{-3}(LARGMED)+2.8 \times 10^{-3}(HMEDTOT)+4.5 \times 10^{-5}(ABSOTOT)$	0.90	0.01
Posição B	$0.960-6.7 \times 10^{-3}(D_{ALTAR})+1.9 \times 10^{-3}(LMAX)-3.0 \times 10^{-3}(HMEDTOT)+0.292(CFABSOME)$	0.46	0.03
Posição C	$1.015-1.2 \times 10^{-2}(D_{ALTAR})-2.4 \times 10^{-5}(VOLNAVE)+9.7 \times 10^{-5}(AREATOT)+7.0 \times 10^{-4}(AREANAV)-6.2 \times 10^{-3}(LNAV)+1.3 \times 10^{-2}(HNAV)-1.1 \times 10^{-2}(LARGMED)+0.554(CFABSOME)$	0.74	0.04
Posição D	$1.011-1.0 \times 10^{-2}(D_{ALTAR})+1.6 \times 10^{-5}(VOLTOT)-2.7 \times 10^{-5}(VOLNAVE)+1.9 \times 10^{-4}(AREANAV)+0.626(CFABSOME)$	0.53	0.07

O melhor ajuste verifica-se para o modelo respeitante ao estudo dos dados relativos à posição A ( $R^2 = 0.90$ ) e a equação entra com 12 variáveis.

### 5.5 RELAÇÃO ENTRE RASTI E PARÂMETROS ARCHITECTÓNICOS

O objectivo ora proposto é o de analisar a relação existente entre a medida acústica objectiva RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*) e os catorze parâmetros architectónicos. Os valores do RASTI aqui considerados são os correspondentes ao *RASTI-Altar* medido em quatro posições (A, B, C e D) nas 31 igrejas estudadas.

Os resultados dos estudos já desenvolvidos nesta área (Carvalho, 1994 e Morgado, 1996) indicam que as variações encontradas no comportamento da amostra das igrejas podem ser explicados pelo efeito dos parâmetros architectónicos.

As relações matemáticas que se vão definir entre o valor do RASTI e os parâmetros arquitectónicos de cada igreja podem vir a constituir instrumento de trabalho para projectistas ou especialistas desta área que venham a desenvolver futuras investigações.

Relacionando-se o RASTI isoladamente com cada um dos catorze parâmetros arquitectónicos através de modelos lineares simples, obteve-se o Quadro 5.23.

Quadro 5.23 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (R) entre os catorze parâmetros arquitectónicos e o RASTI (fonte sonora no altar).

PARÂMETROS ARQUITECTÒNICOS	R
VOLUME TOTAL	-0.067
VOLUME DA NAVE	-0.056
ÁREA TOTAL	-0.048
ÁREA NAVE	0.007
COMPRIMENTO MÁXIMO	0.021
COMPRIMENTO DA NAVE	0.009
ALTURA MÁXIMA	-0.188
ALTURA DA NAVE	-0.176
LARGURA DA NAVE	-0.070
LARGURA MÉDIA	-0.048
ALTURA MÉDIA TOTAL	-0.121
ABSORÇÃO TOTAL	0.220
COEFICIENTE DE ABSORÇÃO MÉDIO	0.323
DISTÂNCIA AO ALTAR	-0.648

Constata-se que o parâmetro Distância-Altar se relaciona com um  $|R|=0.65$ , o que significa que para este parâmetro se pode encontrar uma relação linear de dependência com significado estatístico; para os outros casos  $|R|<0.33$ . Por ordem decrescente de valores de  $|R|$ , seguem-se-lhe o coeficiente de absorção médio ( $|R| = 0.32$ ), a absorção total ( $|R| = 0.22$ ), a altura máxima ( $|R| = 0.19$ ) e a altura média total ( $|R| = 0.12$ ), (ver Quadro 5.23). A razão destes tão fracos ajustes é devida a que não existe só um valor de RASTI por igreja para comparar com cada parâmetro arquitectónico, mas sim quatro valores diferentes (de 4 posições). O ajuste poderia ser

melhor se fosse utilizado um RASTI único (por exemplo, a média) para cada igreja. Essa análise foi abordada por Carvalho (Carvalho, 1994).

A situação agora verificada relativamente ao parâmetro RASTI é análoga à constatada para a relação *P80\_100*/Parâmetros arquitectónicos, não sendo possível obter-se uma forte relação com um só parâmetro global é então necessário proceder-se a uma análise por posição de medição (*A*, *B*, *C* e *D*):

Quadro 5.24 - Coeficientes de correlação linear de Pearson (*R*) entre os parâmetros arquitectónicos e o parâmetro acústico *RASTI-Altar*, por posição de medição.

VALORES DE R (LINEAR)				
PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS	RASTI-ALTAR			
	A	B	C	D
Volume Total	0.11	-0.13	-0.20	-0.25
Volume da Nave	0.08	-0.10	-0.17	-0.22
Área Total	0.06	-0.09	-0.13	-0.17
Área da Nave	0.10	0.01	-0.02	-0.09
Comprimento Máximo	0.31	0.09	-0.11	-0.16
Comprimento da Nave	0.22	-0.01	-0.14	-0.14
Altura Máxima	-0.03	-0.29	<b>-0.42</b>	<b>-0.43</b>
Altura da Nave	0.02	-0.29	<b>-0.43</b>	<b>-0.43</b>
Largura da Nave	-0.11	-0.10	-0.03	-0.14
Largura Média	-0.07	-0.07	0.01	-0.13
Altura Média Total	0.10	-0.21	-0.33	-0.39
Absorção Total	<b>0.46</b>	0.31	0.24	0.16
Coeficiente de Absorção Médio	<b>0.43</b>	<b>0.46</b>	<b>0.44</b>	<b>0.48</b>

NOTA: Os valores de  $|R| > 0.40$  estão escritos a escuro.

Conforme se pode verificar no Quadro 5.24, numa análise controlada por posição conclui-se que o valor do módulo do coeficiente de correlação linear, entre o RASTI e cada um dos parâmetros arquitectónicos, dum modo geral é muito superior. Para o parâmetro RASTI o melhor coeficiente de correlação ocorre com o parâmetro Coeficiente de Absorção Médio, para a posição *D*.

De forma a melhorar o significado estatístico da relação, vai recorrer-se à utilização de modelos simples não lineares, isto é, cada modelo relaciona o RASTI com um (e só um) dos parâmetros arquitectónicos. Testaram-se relações do tipo quadrático ( $y=a+b.x+c.x^2$ ) e logarítmico



( $y=a+b.\log x$ ) e os melhores resultados (de acordo com os valores de  $R^2$ ) estão registados no Quadro 5.25.

Quadro 5.25 - Melhores modelos simples e não lineares (logarítmicos e quadráticos) de previsão entre o RASTI (fonte sonora no altar) e parâmetros arquitectónicos.

EQUAÇÕES	$R^2$
$RASTI-ALTAR=0.573-0.018\log(\text{Vol.total})$	0.023
$RASTI-ALTAR=0.589-0.021\log(\text{Vol.nave})$	0.023
$RASTI-ALTAR=0.459-0.0001497(\text{Area Total})+1\times 10^{-7}(\text{Area Total})^2$	0.011
$RASTI-ALTAR=0.464-0.0002652(\text{Area nave})+3\times 10^{-7}(\text{Area nave})^2$	0.030
$RASTI-ALTAR=0.474-0.00332(L.\text{max})+4\times 10^{-5}(L.\text{max})^2$	0.003
$RASTI-ALTAR=0.508-0.0074(L.\text{nave})+1\times 10^{-4}(L.\text{nave})^2$	0.012
$RASTI-ALTAR=0.399+0.006(H.\text{max})-0.003(H.\text{max})^2$	0.051
$RASTI-ALTAR=0.435+0.0020(H.\text{nave})-2\times 10^{-4}(H.\text{nave})^2$	0.034
$RASTI-ALTAR=0.450-0.00358(Larg.\text{nave})+7\times 10^{-5}(Larg.\text{nave})^2$	0.005
$RASTI-ALTAR=0.451-0.0042(Larg.média)+1\times 10^{-4}(Larg.média)^2$	0.004
$RASTI-ALTAR=0.532-0.0152(H.méd.total)+4\times 10^{-4}(H.méd.total)^2$	0.023
$RASTI-ALTAR=0.392+8.6\times 10^{-6}(\text{Abso.Total})+8\times 10^{-8}(\text{Abso.Total})^2$	0.050
$RASTI-ALTAR=0.381+0.099(\text{Coef.Abso.médio})+2.902(\text{Coef.Abso.médio})^2$	0.109
$RASTI-ALTAR=0.797-0.148\log(D\_Altar)$	0.519

Para o RASTI as melhores correlações acontecem com a Distância ao Altar, o Coeficiente de Absorção Médio, a Absorção Total e a Altura Máxima.

Dos modelos de previsão encontrados seleccionaram-se os que relacionam o RASTI com um parâmetro arquitectónico de melhor coeficiente de correlação e fez-se a respectiva representação gráfica na figura 5.28.

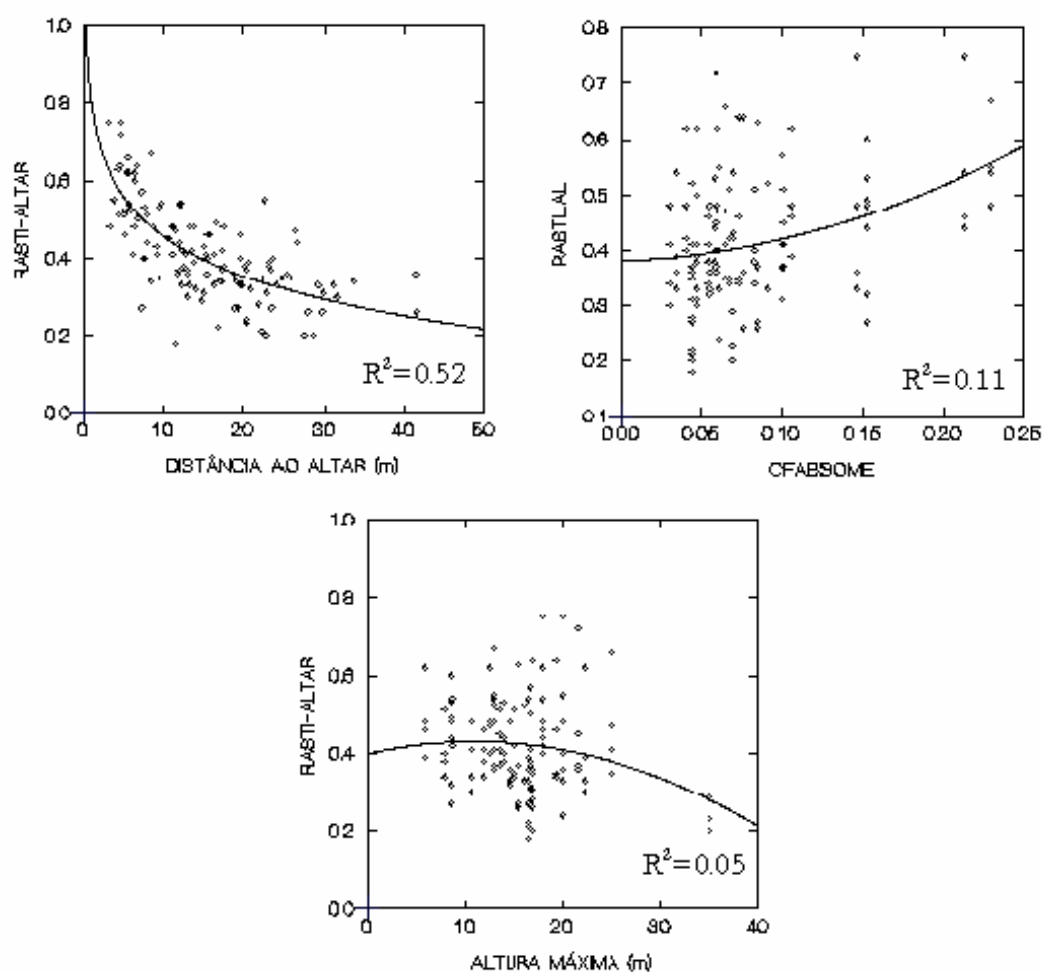


Figura 5.28 - Relação entre o valor de RASTI (fonte sonora no altar) e alguns parâmetros arquitectónicos, com melhor coeficiente de correlação.

Dado que em todos os casos (excepto a Distância ao Altar) os valores encontrados para  $R^2$  são muito baixos ( $R^2 < 0.11$ ), considerou-se que deveria ser estudado outro tipo de modelos, com o objectivo de se obterem mais ajustadas fórmulas de previsão do valor do RASTI através do uso de parâmetros arquitectónicos. Tal como a metodologia utilizada no capítulo anterior, por intermédio de iterações sucessivas efectuadas no programa SYSTAT® foi encontrado um modelo geral linear, considerando o RASTI como o factor dependente e introduzindo os catorze parâmetros arquitectónicos como variáveis.

A fiabilidade do modelo foi avaliada pelo valor do respectivo  $R^2$  que multiplicado por cem representa a percentagem da variância explicada e através da estimativa do erro padrão das

médias, que representa a magnitude das diferenças entre os valores observados e os valores estimados. Obteve-se a seguinte equação:

$$\begin{aligned} RASTI-ALTAR = & 0.456 - 1.1 \times 10^{-2}(D\_ALTAR) + 3.5 \times 10^{-5}(VOLTOT) - 3.3 \times 10^{-5}(VOLNAVE) - \\ & 2.5 \times 10^{-4}(AREATOT) + 10.0 \times 10^{-3}(LNAV) + 1.1 \times 10^{-2}(LARGNAV) - 8.9 \times 10^{-3}(LARGMED) - \\ & 1.3 \times 10^{-2}(HMEDTOT) + 1.002(CFABSOME) \end{aligned}$$

Onde: *RASTI* - Rapid Speech Transmission Index, *D\_ALTAR* - Distância do receptor ao altar (m), *VOLTOT* - Volume Total (m³), *VOLNAVE* - Volume da Nave (m³), *AREATOT* - Área Total (m²), *LNAV* - Comprimento da Nave (m), *LARGNAV* - Largura da Nave (m), *LARGMED* - Largura média (m), *HMEDTOT* - Altura média total (m) e *CFABSOME* - Coeficiente de Absorção Médio de todas as superfícies.

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.66 e a estimativa do erro padrão é de 0.07. Os parâmetros que nele estão excluídos são: *Área da Nave* (m²), *Comprimento Máximo* (m), *Altura Máxima* (m), *Altura da Nave* (m) e *Absorção Total* (m²).

## 5.6 RELAÇÃO ENTRE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA, RASTI E PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS

O objectivo proposto é o de analisar a relação existente entre os resultados dos testes subjectivos da inteligibilidade da palavra (*P80\_100*) com a medida acústica objectiva *RASTI* (*Rapid Speech Transmission Index*) e os catorze parâmetros arquitectónicos. Os valores do *RASTI* aqui considerados são os correspondentes ao conjunto de medições feitas com a fonte sonora situada no altar e os parâmetros arquitectónicos que se vão utilizar são os catorze já seleccionados no capítulo 5.4.

Numa primeira fase desta análise utilizam-se todos os dados recolhidos (todas as posições); numa segunda fase desenvolvem-se análises isoladas para cada uma das quatro posições em que o receptor foi colocado (*A*, *B*, *C* e *D*).

Vai procurar-se um modelo geral linear, utilizando todas as medições efectuadas nas 31 igrejas (124 observações médias para cada um dos parâmetros *P80\_100* e *RASTI*; 14 parâmetros arquitectónicos calculados para cada igreja), relacionando o *P80\_100* com o *RASTI-Altar* e com os catorze parâmetros arquitectónicos. Obtém-se a fórmula de previsão da inteligibilidade da palavra através do uso do *RASTI* e dos parâmetros arquitectónicos. Considera-se pois o *P80\_100* como o factor dependente e o *RASTI* e os catorze parâmetros arquitectónicos são tratados como

variáveis. Através da utilização do programa SYSTAT®, define-se um modelo usando todas as variáveis. Por intermédio de iterações sucessivas efectuadas nesse programa vão-se identificando as variáveis menos úteis e retiram-se do modelo, excluindo-se gradualmente uma delas de cada vez, até se conseguir obter o melhor ajuste ( $R^2$ ).

A fiabilidade do modelo foi avaliada pelo valor do respectivo  $R^2$  (que multiplicado por cem representa a percentagem da variância explicada) e através do erro padrão do valor estimado (representando a magnitude das diferenças entre os valores observados e os valores estimados).

Obteve-se a seguinte equação:

$$P80_{100}=0.941+1.37\times 10^{-1}(RASTI)+5.62\times 10^{-6}(VOLTOT)-1.81\times 10^{-5}(VOLNAVE)+4.5\times 10^{-4}(AREANAV)-0.5\times 10^{-2}(LNAV)+0.6\times 10^{-2}(HNAV)-0.6\times 10^{-2}(LARGMED)+0.263(CFABSOME)-0.6\times 10^{-2}(D\_ALTAR)$$

Onde:  $P80_{100}$  - resultados dos testes de inteligibilidade da palavra,  $RASTI$  - Rapid Speech Transmission Index,  $VOLTOT$  - Volume Total ( $m^3$ ),  $VOLNAVE$  - Volume da Nave ( $m^3$ ),  $AREANAV$  - Área da Nave ( $m^2$ ),  $LNAV$  - Comprimento da Nave (m),  $HNAV$  - Altura da Nave (m),  $LARGMED$  - Largura média (m),  $CFABSOME$  - Coeficiente de Absorção Médio de todas as superfícies e  $D\_ALTAR$  - Distância do receptor ao altar (m).

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.68 e o erro padrão do valor estimado é de 0.04. Importa assim salientar que quase 70% da variabilidade dos valores do  $P80_{100}$  são explicados por este modelo.

Os parâmetros que dele foram excluídos são: *Área Total ( $m^2$ )*, *Comprimento Máximo (m)*, *Altura Máxima (m)*, *Largura da Nave (m)*, *Altura média Total (m)* e *Absorção Total ( $m^2$ )*.

Usando agora os dados recolhidos em todas as igrejas, relativos exclusivamente a cada posição *A*, *B*, *C* ou *D*, e através da utilização do programa SYSTAT®, definem-se os modelos, considerando o  $P80_{100}$  como o factor dependente e introduzindo o  $RASTI$  e os catorze parâmetros arquitectónicos como variáveis.

- Para a posição *A* obteve-se a seguinte equação:

$$P80_{100}=0.969+7.0\times 10^{-2}(RASTI)+4.52\times 10^{-6}(VOLTOT)-1.125\times 10^{-5}(VOLNAVE)+1.9207\times 10^{-4}(AREANAV)-1.70074\times 10^{-3}(LNAV)-2.37612\times 10^{-3}(HMAX)+2.19804\times 10^{-3}(LARGNAV)-0.512874\times 10^{-2}(LARGMED)+5.06769\times 10^{-3}(HMEDTOT)-3.01531\times 10^{-3}(D\_ALTAR)$$

Onde:  $P80_{100}$  - resultados dos testes de inteligibilidade da palavra,  $RASTI$  - Rapid Speech Transmission Index,  $VOLTOT$  - Volume Total ( $m^3$ ),  $VOLNAVE$  - Volume da Nave ( $m^3$ ),  $AREANAV$  - Área da Nave ( $m^2$ ),  $LNAV$  - Comprimento da Nave (m),  $HNAV$  - Altura da Nave (m),  $LARGMED$  - Largura média (m),  $CFABSOME$  - Coeficiente de Absorção Médio de todas as superfícies e  $D\_ALTAR$  - Distância do receptor ao altar (m).

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.90 e o erro padrão do valor estimado é de 0.01.

Os parâmetros que dele foram excluídos são: *Área Total ( $m^2$ )*, *Comprimento Máximo (m)*, *Altura da Nave (m)*, *Absorção Total ( $m^2$ )* e *Coeficiente de Absorção médio de todas as superfícies*.

- Para a posição B obteve-se a seguinte equação:

$$P80_{100} = 0.754 - 4.3 \times 10^{-3}(D\_ALTAR) + 0.369(RASTI) + 7.90 \times 10^{-6}(VOLTOT) - 3.5 \times 10^{-4}(AREANAV) + 5.5 \times 10^{-3}(LNAV) + 4.8 \times 10^{-3}(HMAX) - 1.1 \times 10^{-2}(HNAV) + 6.7 \times 10^{-3}(LARGNAV) - 1.1 \times 10^{-4}(ABSOTOT) + 0.293(CFABSOME)$$

Onde:  $P80_{100}$  - resultados dos testes de inteligibilidade da palavra,  $RASTI$  - Rapid Speech Transmission Index,  $VOLTOT$  - Volume Total ( $m^3$ ),  $VOLNAVE$  - Volume da Nave ( $m^3$ ),  $AREANAV$  - Área da Nave ( $m^2$ ),  $LNAV$  - Comprimento da Nave (m),  $HNAV$  - Altura da Nave (m),  $LARGMED$  - Largura média (m),  $CFABSOME$  - Coeficiente de Absorção Médio de todas as superfícies e  $D\_ALTAR$  - Distância do receptor ao altar (m).

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.74 e o erro padrão do valor estimado é de 0.03.

Os parâmetros que dele foram excluídos são: *Volume da Nave ( $m^3$ )*, *Área Total ( $m^2$ )*, *Comprimento Máximo (m)*, *Largura média (m)* e *Altura média total (m)*.

- Para a posição C obteve-se a seguinte equação:

$$P80_{100} = 0.866 + 0.306(RASTI) - 1.6 \times 10^{-5}(VOLTOT) - 0.012(D\_ALTAR) + 2.8 \times 10^{-4}(AREATOT) + 2.0 \times 10^{-4}(AREANAV) - 1.8 \times 10^{-3}(LMAX) + 0.012(HNAV) - 7.0 \times 10^{-3}(LARGMED) + 0.346(CFABSOME)$$

Onde:  $P80_{100}$  - resultados dos testes de inteligibilidade da palavra,  $RASTI$  - Rapid Speech Transmission Index,  $VOLTOT$  - Volume Total ( $m^3$ ),  $VOLNAVE$  - Volume da Nave ( $m^3$ ),  $AREANAV$  - Área da Nave ( $m^2$ ),  $LNAV$  - Comprimento da Nave (m),  $HNAV$  - Altura da Nave (m),  $LARGMED$  - Largura média (m),  $CFABSOME$  - Coeficiente de Absorção Médio de todas as superfícies e  $D\_ALTAR$  - Distância do receptor ao altar (m).

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.79 e o erro padrão do valor estimado é de 0.03.

Os parâmetros que dele foram excluídos são: *Volume da Nave (m³)*, *Comprimento da Nave (m)*, *Altura Máxima (m)*, *Largura da Nave (m)*, *Altura média Total (m)* e *Absorção Total (m²)*.

- Para a posição D obteve-se a seguinte equação:

$$P80_{100}=0.941-5.5 \times 10^{-3}(D\_ALTAR)+0.137(RASTI)+5.6 \times 10^{-6}(VOLTOT)-1.8 \times 10^{-5}(VOLNAVE)+4.5 \times 10^{-4}(AREANAV)-5.3 \times 10^{-3}(LNAV)+5.9 \times 10^{-3}(HNAV)-5.5 \times 10^{-3}(LARGMED)+0.263(CFABSOME)$$

Onde:  $P80_{100}$  - resultados dos testes de inteligibilidade da palavra,  $RASTI$  - Rapid Speech Transmission Index,  $VOLTOT$  - Volume Total (m³),  $VOLNAVE$  - Volume da Nave (m³),  $AREANAV$  - Área da Nave (m²),  $LNAV$  - Comprimento da Nave (m),  $HNAV$  - Altura da Nave (m),  $LARGMED$  - Largura média (m),  $CFABSOME$  - Coeficiente de Absorção Médio de todas as superfícies e  $D\_ALTAR$  - Distância do receptor ao altar (m).

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.68 e o erro padrão do valor estimado é de 0.06.

Os parâmetros que dele foram excluídos são: *Comprimento Máximo (m)*, *Altura Máxima (m)*, *Altura média Total (m)* e *Absorção Total (m²)*.

Seguidamente apresentam-se os resultados resumidos no quadro 5.26:

Quadro 5.26 - Equações de previsão para  $P80_{100}$  em função de  $RASTI-ALTAR$  e Parâmetros Arquitectónicos.

DADOS	FÓRMULA ( $P80_{100}=.....$ )	$R^2$	ERRO PADRÃO
Todos	$0.941+1.37 \times 10^{-1}(RASTI)+5.62 \times 10^{-6}(VOLTOT)-1.81 \times 10^{-5}(VOLNAVE)+4.5 \times 10^{-4}(AREANAV)-0.5 \times 10^{-2}(LNAV)+0.6 \times 10^{-2}(HNAV)-0.6 \times 10^{-2}(LARGMED)+0.263(CFABSOME)-0.6 \times 10^{-2}(D\_ALTAR)$	0.68	0.04
Posição A	$0.969+7.0 \times 10^{-2}(RASTI)+4.5 \times 10^{-6}(VOLTOT)-1.1 \times 10^{-5}(VOLNAVE)+1.9 \times 10^{-4}(AREANAV)-1.7 \times 10^{-3}(LNAV)-2.4 \times 10^{-3}(HMAX)+2.2 \times 10^{-3}(LARGNAV)-0.51 \times 10^{-2}(LARGMED)+5.1 \times 10^{-3}(HMETOT)-3.0 \times 10^{-3}(D\_ALTAR)$	0.90	0.01
Posição B	$0.754-4.3 \times 10^{-3}(D\_ALTAR)+0.369(RASTI\_AI)+7.90 \times 10^{-6}(VOLTOT)-3.5 \times 10^{-4}(AREANAV)+5.5 \times 10^{-3}(LNAV)+4.8 \times 10^{-3}(HMAX)-1.1 \times 10^{-2}(HNAV)+6.7 \times 10^{-3}(LARGNAV)-1.1 \times 10^{-4}(ABSOTOT)+0.293(CFABSOME)$	0.74	0.03
Posição C	$0.866+0.306(RASTI)-1.6 \times 10^{-5}(VOLTOT)-0.012(D\_ALTAR)+2.8 \times 10^{-4}(AREATOT)+2.0 \times 10^{-4}(AREANAV)-1.8 \times 10^{-3}(LMAX)+0.012(HNAV)-7.0 \times 10^{-3}(LARGMED)+0.346(CFABSOME)$	0.79	0.03
Posição D	$0.941-5.5 \times 10^{-3}(D\_ALTAR)+0.137(RASTI)+5.6 \times 10^{-6}(VOLTOT)-1.8 \times 10^{-5}(VOLNAVE)+4.5 \times 10^{-4}(AREANAV)-5.3 \times 10^{-3}(LNAV)+5.9 \times 10^{-3}(HNAV)-5.5 \times 10^{-3}(LARGMED)+0.263(CFABSOME)$	0.68	0.06

O melhor ajuste verifica-se para o modelo respeitante ao estudo dos dados relativos à posição *A* ( $R^2 = 0.90$ ) e a equação entra com 10 variáveis.

Em face dos resultados obtidos para definir *P80\_100* em função do RASTI e dos parâmetros arquitectónicos, expressos numericamente por equações de previsão, referidas no Quadro 5.26, é de salientar que a "Inteligibilidade da Palavra" (*P80\_100*) de um determinado espaço, pode ser melhorada se forem tidas em conta algumas indicações de índole construtivo. O Quadro 5.27 refere as situações construtivas para as quais o *P80\_100* varia positivamente.

Quadro 5.27 - Variação da inteligibilidade da palavra com a alteração de características da construção.

PARÂMETRO ARQUITECTÓNICO	Alteração construtiva
COMPRIMENTO DA NAVE	Menor
LARGURA MÉDIA	Menor
COEFICIENTE DE ABSORÇÃO MÉDIO	Maior
DISTÂNCIA AO ALTAR	Menor
VOLUME DA NAVE	Menor
ÁREA DA NAVE	Maior
VOLUME TOTAL	Maior
ALTURA DA NAVE	Maior

Este tipo de análise é muito relevante para o estudo em referência já que permite "compreender" o efeito do EDIFÍCIO na inteligibilidade da palavra (um dos objectivos deste trabalho).

De modo a tornar mais visível a relação da inteligibilidade com cada um dos parâmetros arquitectónicos, resume-se no Quadro 5.28 a forma de a melhorar através da variação, aumentando (+) ou diminuindo (-), do valor de cada um dos catorze parâmetros arquitectónicos. Esta análise desenvolveu-se tendo em conta a globalidade dos dados, e isoladamente para cada uma das quatro posições:

Quadro 5.28 - Efeito dos parâmetros arquitectónicos na inteligibilidade da palavra.

PARÂMETROS ARQUITECTÓNICOS	POSIÇÕES				
	A	B	C	D	TODAS
Volume Total	+	+	-	+	+
Volume da Nave	-			-	-
Área Total			+		
Área da Nave	+	-	+	+	+
Comprimento Máximo			-		
Comprimento da Nave	-	+		-	-
Altura Máxima	-	+			
Altura da Nave		-	+	+	+
Largura da Nave	+	+			
Largura Média	-		-	-	-
Altura Média Total	+				
Absorção Total					
Coefficiente de Absorção Médio		+	+	+	+
Distância ao Altar	-	-	-	-	-

### ***5.7 RELAÇÃO ENTRE INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA E ESTILOS ARQUITECTÓNICOS***

Na sequência de estudos anteriormente desenvolvidos (Carvalho, 1994 e Morgado, 1996), que analisaram qual o efeito do estilo arquitectónico da igreja no seu comportamento relativamente a determinados parâmetros acústicos subjectivos e ao RASTI, é intenção fazer-se uma abordagem semelhante, referente à inteligibilidade da palavra. Desta feita levaram-se a efeito testes com um maior número de ouvintes, de modo a ser estatisticamente mais relevante. A análise neste estudo



desenvolve-se ponto a ponto, e não com valores médios por igreja, como foi feito em estudos anteriores.

Na Figura 5.29 faz-se a análise do comportamento das igrejas face à inteligibilidade da palavra, em função dos estilos arquitectónicos em que as mesmas podem ser enquadradas (ver Anexo H). De referir a este respeito que as igrejas estudadas foram agrupadas atendendo à predominância estilística do seu estado actual, dado que com o decorrer dos anos diferentes alterações foram introduzidas nos modelos primitivos. São sobretudo as características do interior das igrejas, por diversas vezes alteradas, tais como o tipo e forma dos materiais que revestem os paramentos interiores do templo, que ditam o comportamento acústico do mesmo na óptica da inteligibilidade da palavra.

A amostra das 31 igrejas seleccionadas pode ser agrupada em cinco estilos arquitectónicos bem diferenciados, que vão desde o século XI ao século XX. O número de igrejas por estilo é sensivelmente o mesmo, dado que um dos critérios de selecção da amostra dos 31 exemplares a estudar foi precisamente o de eleger um número equitativo de exemplares por estilo.

Para o desenvolvimento deste estudo seleccionaram-se os dados relativos a cada uma das posições do receptor (*A*, *B*, *C* e *D*). As posições *B* e *C* vão ser analisadas com mais detalhe por serem mais significativas, dado não ficarem sujeitas às seguintes condicionantes das posições extremas :

A posição *A* está localizada em campo directo da fonte sonora junto ao altar e a posição *D* fica mais exposta às reflexões das ondas sonoras por estar muito próxima da envolvente física do edifício (parede posterior da nave).

Na Figura 5.29 pode verificar-se que a inteligibilidade, representada pelo valor de *P80*<sub>100</sub>, decresce ligeiramente do estilo 1 (Românico) para o estilo 2 (Gótico), depois cresce acentuadamente para o estilo 3 (Barroco) para voltar a decrescer significativamente com o estilo 4 (Neoclássico) e finalmente voltar a crescer com o estilo 5 (Contemporâneo). Estas diferenças de qualidade do comportamento acústico face à inteligibilidade da palavra poderão estar intrinsecamente ligadas às diferentes importâncias que ao longo dos séculos a palavra assumiu na celebração das cerimónias litúrgicas da religião católica. Com o movimento protestante da *Reforma* da igreja a "palavra" conquistou maior importância do que a que tinha no culto da religião católica dos períodos anteriores; o estilo Barroco (séc. XVII-XVIII) veio a alterar profundamente o comportamento acústico das igrejas, trazendo uma substancial melhoria para a inteligibilidade da palavra, conforme se verifica na amostra estudada.

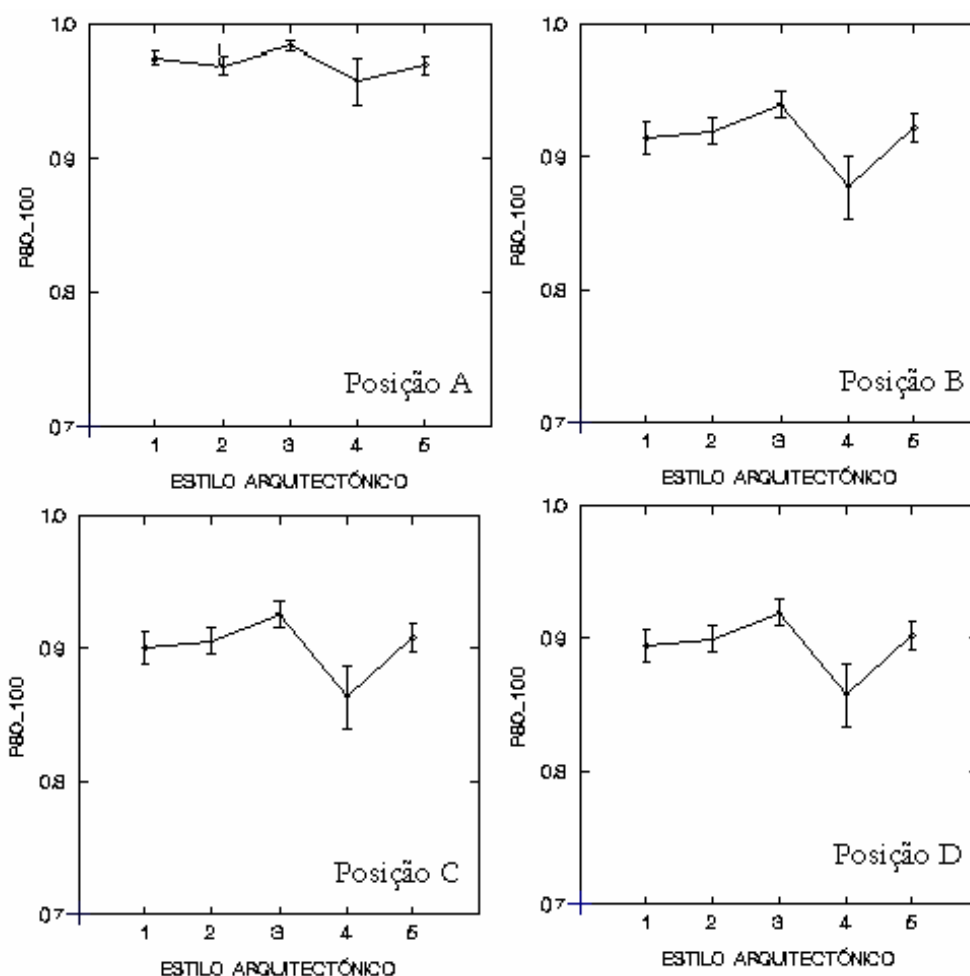


Figura 5.29 - Análise do efeito dos estilos arquitectónicos no parâmetro *P80\_100* (inteligibilidade da palavra). Os dados utilizados são os recolhidos nas 31 igrejas, na posição de receptor *A*, *B*, *C* e *D*, correspondentes aos valores médios com  $\pm 1$  erro padrão das médias para os testes de inteligibilidade de palavras. Os estilos arquitectónicos aparecem referidos por ordem cronológica da esquerda para a direita (1-Românico, 2-Gótico, 3-Barroco, 4-Neoclássico, 5-Contemporâneo).

Esta alteração fica a dever-se essencialmente à grande utilização de adornos em talha dourada que recobrem grande parte da superfície interior das paredes e tectos dos templos barrocos e aos riquíssimos retábulos das capelas laterais típicos desse período. Com o estilo Neoclássico a "palavra" volta a sofrer um decréscimo de importância e a inteligibilidade diminui, provavelmente devido ao elevado volume dos edifícios dessa época e à existência de grandes superfícies muito reflectoras. Nos nossos dias está patente uma situação bem diferenciada dado que actualmente o culto religioso imprime um maior valor à qualidade da recepção da palavra a escutar. Daqui decorre a necessidade cada vez mais eminente da equipa projectista conseguir modelar o edifício que está a projectar de modo a conseguir garantir determinado comportamento acústico,

respeitando as condições que conduzam aos atributos finais com que se pretende vir a dotar o edifício. Da amostra estudada conclui-se que há igrejas contemporâneas com comportamento acústico bem diferenciado. Assim a igreja de Gondarém (nº 5) e a igreja nova de Cedofeita (nº 12) têm muito bom comportamento acústico na óptica da inteligibilidade da palavra, aproximando-se do comportamento das igrejas barrocas. Em contraponto, a igreja do Marco de Canavezes (nº 20) apresenta má inteligibilidade, mais próximo do comportamento acústico das igrejas neoclássicas.

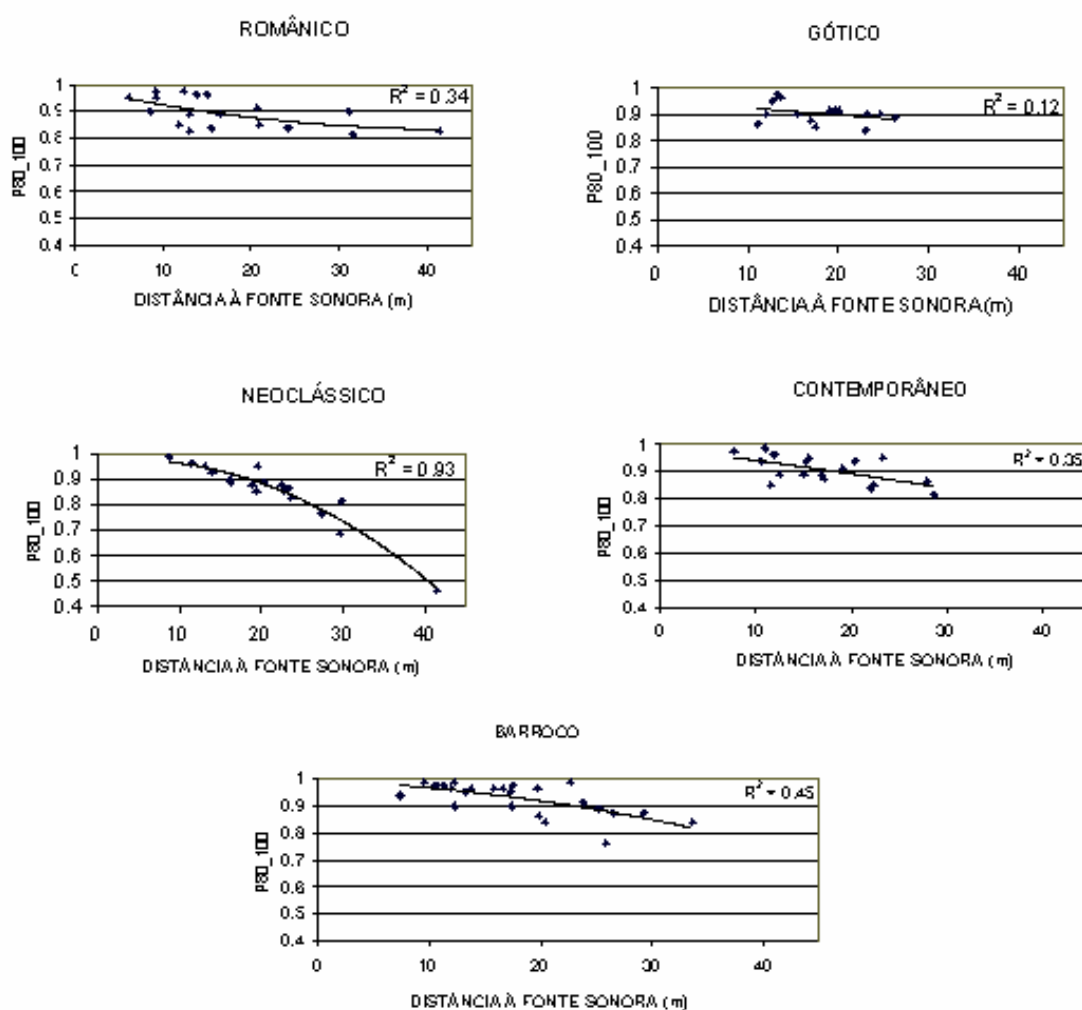


Figura 5.30 -  $P80_{100}$  vs. distância à fonte sonora (altar), excluindo as posições em campo directo (A) com as curvas dos modelos de regressão para cada um dos estilos arquitectónicos (1-Românico, 2-Gótico, 3-Barroco, 4-Neoclássico, 5-Contemporâneo).

Quadro 5.29 - Modelos simples de ajuste entre  $P80_{100}$  e a Distância à Fonte Sonora, controlados por estilos arquitectónicos.

ESTILO	FÓRMULA DE AJUSTE	$R^2$
Românico	$y = 8 \times 10^{-5}x^2 - 0.0072x + 0.9882$	$R^2 = 0.34$
Gótico	$y = -0.0028x + 0.9527$	$R^2 = 0.12$
Barroco	$y = -0.0001x^2 - 0.0017x + 0.9944$	$R^2 = 0.45$
Neoclássico	$y = -0.0004x^2 + 0.0031x + 0.9675$	$R^2 = 0.93$
Contemporâneo	$y = -0.0051x + 0.9934$	$R^2 = 0.35$

NOTA:  $y = P80_{100}$  e  $x =$  Distância à Fonte Sonora.

De referir que o melhor ajuste ocorre para o estilo Neoclássico, com uma equação de ajuste quadrático.

## 5.8 RASTI IGREJA OCUPADA

### 5.8.1 Objectivo

A avaliação levada a efeito no âmbito deste estudo sobre a qualidade e o desempenho acústico das igrejas em relação à inteligibilidade da palavra com base em testes objectivos e subjectivos, desenvolveu-se com as igrejas quase totalmente desocupadas. Com a imposição desta condição pretendeu-se assegurar idênticas condições de base na realização de cada teste nas diferentes igrejas, bem como possibilitar a comparação entre os valores agora obtidos e os existentes em literatura (quase em exclusivo de igrejas desocupadas). Por outro lado também se afigurava difícil a realização de ensaios acústicos com as igrejas ocupadas devido ao ruído de fundo que se criaria com esta situação.

Como os resultados dos testes levados a efeito em igrejas vazias não são os típicos das condições acústicas duma igreja aberta ao culto, em que as cerimónias contam com a presença de fiéis, entendeu-se por útil e necessário a obtenção de uma correlação (uma função de transferência) dos valores dos resultados da igreja desocupada para os da mesma igreja, mas ocupada.

Com esse objectivo levou-se a efeito um ensaio de medição objectiva do parâmetro RASTI numa das 31 igrejas, mas agora ocupada.

Este tipo de ensaio implica alguma complexidade por envolver o sacerdote responsável pela cerimónia religiosa e os próprios fiéis. No caso presente inicialmente foi sentida alguma dificuldade que se ultrapassou graças ao fortíssimo empenho e colaboração do Pároco responsável pela igreja de São João Baptista (Porto).

Assim o objectivo deste capítulo é a determinação do efeito da presença de pessoas no interior da igreja e analisar de que modo a ocupação deste tipo de espaço influencia o resultado das medições acústicas na óptica da inteligibilidade da palavra.

### 5.8.2 Metodologia

Para atingir o objectivo visado a avaliação da inteligibilidade da palavra foi efectuada numa igreja ocupada, de modo objectivo, através da medição do parâmetro RASTI. Para o efeito, a igreja de São João Baptista no Porto foi escolhida da amostra das 31 igrejas seleccionadas, por ter uma dimensão média, por se integrar num estilo arquitectónico intermédio (não sendo românica nem contemporânea), que permitisse uma lotação quase total e em que houvesse uma colaboração activa de todos os intervenientes (Pároco e congregação).

A avaliação fez-se no decurso de uma missa dominical, que contou com a presença de 182 pessoas. O serviço religioso foi interrompido na homilia, por um período de aproximadamente 10 minutos, de modo a permitir a realização das experiências.

Foram avaliadas duas situações distintas. Em cada uma delas a metodologia seguida foi idêntica à adoptada aquando da realização dos testes objectivos com as igrejas desocupadas (ver capítulo 4.2). Utilizou-se o mesmo equipamento disponível no Laboratório de Acústica do Instituto da Construção, constituído por um Transmissor B&K, modelo 4225 e por um Receptor B&K, modelo 4419, identicamente ao usado nos testes objectivos.

Foram mantidas as quatro posições para localização do receptor (*A*, *B*, *C* e *D*), utilizadas na realização dos testes objectivos levados a cabo anteriormente na mesma igreja (desocupada).

A primeira situação consistiu na avaliação do RASTI com a fonte sonora localizada no altar (*RASTI-Altar*). Foram realizadas quatro medições, com o receptor localizado sucessivamente nas posições *A*, *B*, *C* e *D*.

O segundo teste respeitou à medição do RASTI com a instalação sonora activa (*RASTI-Instalação-Sonora*), estando a fonte sonora localizada no ambão, a uma distância de cerca de 15 cm do microfone. Efectuaram-se quatro medições, com o receptor localizado nas posições *A*, *B*, *C* e *D*.

### 5.8.3 Resultados obtidos

Os resultados obtidos estão transcritos no Quadro 5.30.

Quadro 5.30 - Resultados dos testes de medição do RASTI na igreja de São João Baptista (Porto) ocupada.

Posição	Distância ao Altar (m)	<i>RASTI-Altar</i>	<i>RASTI-Instalação-Sonora</i>
A	7.3	0.53	0.52
B	16.3	0.44	0.64
C	23.4	0.39	0.57
D	29.8	0.38	0.49

Para se avaliar a influência da presença das pessoas nos resultados das medições do RASTI efectuadas, vai proceder-se a um estudo comparativo entre os resultados obtidos com a igreja vazia e os valores encontrados nos testes realizados com a igreja ocupada.

Os resultados das medições do RASTI correspondentes às duas versões de igreja ocupada e igreja vazia estão representados graficamente no Figura 5.31.

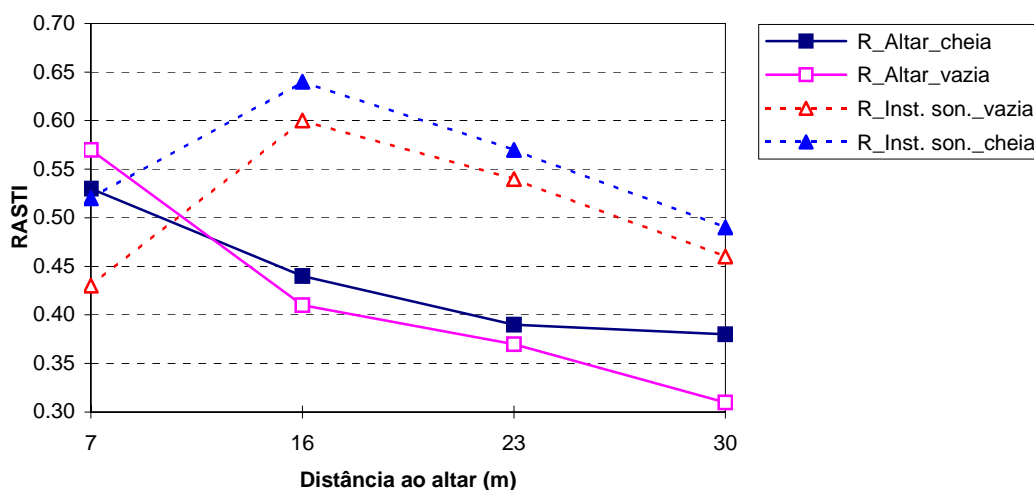


Figura 5.31 - Valores do parâmetro acústico RASTI medido na igreja de São João Baptista (Porto), em quatro posições ( $A=7$  m,  $B=16$  m,  $C=23$  m e  $D=30$  m) nas situações de igreja cheia e igreja vazia.

Através da Figura 5.32 verifica-se que a variação dos valores do RASTI, para a fonte sonora localizada no altar, com a ocupação da igreja é a seguinte: para a posição  $A$ , dá-se uma

diminuição no valor do RASTI de 0.04. Na posição *B*, verifica-se uma melhoria no valor do RASTI igual a 0.03, acréscimo igualmente constatado para o posição *C*, mas com um valor reduzido para 0.02. A maior variação de valores dá-se para a posição *D*, o que encontra explicação pelo facto de esta posição corresponder à última bancada. Assim para esta localização do receptor, a onda sonora no seu percurso de transmissão percorre toda a área ocupada pela massa humana, ficando sujeita a uma influência mais acentuada da mesma. Para a posição *D*, com a igreja ocupada, verifica-se um acréscimo do valor do RASTI igual a 0.07 (ver Figura 5.32).

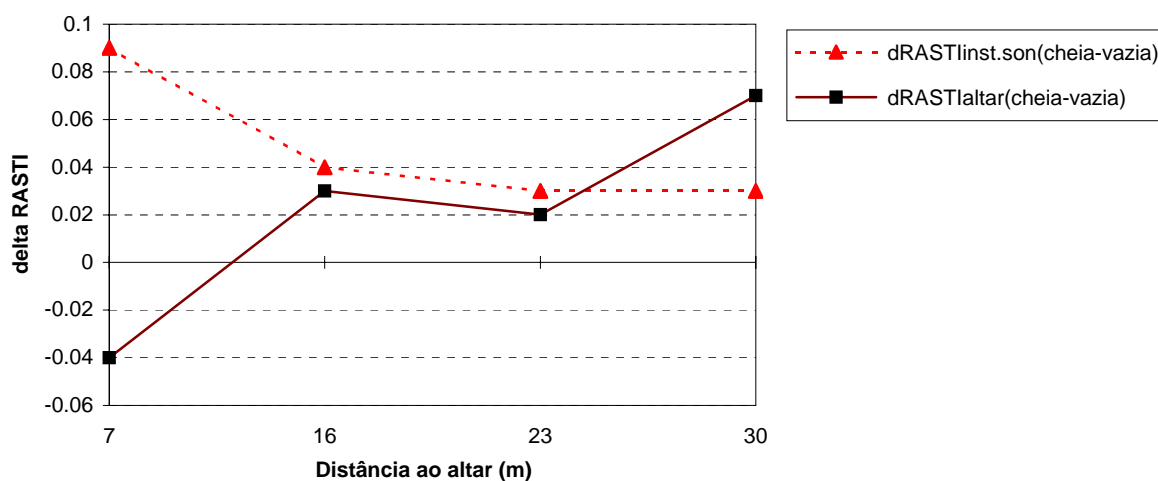


Figura 5.32 - Variação nos valores do parâmetro acústico RASTI com a ocupação da igreja de São João Baptista (Porto), em quatro posições ( $A=7$  m,  $B=16$  m,  $C=23$  m e  $D=30$  m).

Relativamente à variação nos valores do RASTI (fonte sonora colocada no ambão) medido com a instalação sonora activa a situação é distinta da constatada no RASTI medido com a fonte sonora localizada no altar. Em qualquer uma das quatro posições há uma melhoria no valor do RASTI, melhoria essa que vai diminuindo à medida que a distância ao altar aumenta até à posição *C*. Para a posição *A* verifica-se haver um acréscimo de 0.09. Na posição *B* esse valor diminui para 0.04 e na posição *C* aparece ainda mais reduzido para 0.03. Na posição *D* o acréscimo é de 0.03.

Para possibilitar uma melhor percepção da quantificação da diferença de valores de RASTI decorrente da ocupação da igreja, criou-se o gráfico da Figura 5.33, que apresenta a variação do RASTI em percentagem do valor inicialmente obtido com a igreja desocupada.

Dos resultados obtidos sobre as variações dos valores do *RASTI-Altar* e *RASTI-Instalação-Sonora* verifica-se que para as posições extremas *A* e *D*, não existe semelhança de situação, enquanto que para as posições *B* e *C* o tipo de variação constatada para cada um dos RASTI é idêntica. É importante lembrar a particularidade da posição *A* estar em campo directo da fonte sonora e a posição *D* ficar mais sujeita às reflexões das ondas sonoras, por estar muito próxima da envolvente física do edifício (parede do fundo da sala). Uma vez que as posições *B* e *C* não ficam sujeita às condicionantes das posições extremas, entende-se que a análise dos resultados obtidos nessas posições intermédias são mais representativas para o estudo da variação do valor do RASTI referente à igreja vazia ou ocupada.

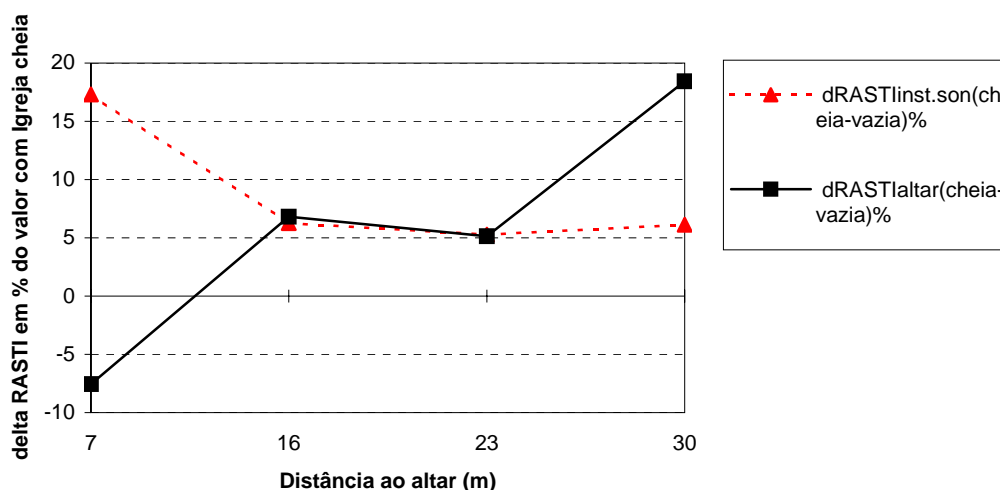


Figura 5.33 - Variação em percentagem dos valores do parâmetro acústico RASTI com a ocupação da igreja de São João Baptista - Porto, em quatro posições (*A*=7m, *B*=16m, *C*=23m e *D*=30m ).

Recorrendo à representação gráfica da Figura 5.33 verifica-se que para as posições intermédias *B* e *C* a variação de valores de RASTI correspondente à alteração de situação igreja vazia/igreja ocupada, é idêntica para o *RASTI-Altar* e para o *RASTI-Instalação-Sonora*. Em qualquer um destes casos para a posição *B* a variação é de 7% e para a posição *C* aquela variação é aproximadamente de 5%.

A título conclusivo pode afirmar-se que a ocupação plena da igreja corresponde a um acréscimo de aproximadamente 6% no valor do RASTI da Igreja vazia. Este aumento relativo no RASTI de



cerca de 6% equivale a um aumento absoluto de cerca de 2% no valor de *P80\_100* (de acordo com o Quadro 5.26 para as posições *B* e *C*). Considera-se que este tipo de estudo, aqui só desenvolvido numa igreja, deverá em trabalhos futuros ser alargado a um maior número de igrejas ocupadas, de modo a permitir uma mais significativa e válida análise estatística.

## **5.9 INQUÉRITO PÚBLICO**

### **5.9.1 Objectivo**

Na realização dos testes de campo subjectivos o grupo de auditores foi criteriosamente seleccionado, conforme referido em 4.1.1.2. Poderá assim considerar-se que esse grupo corresponde a um público controlado, possuindo conhecimentos básicos de acústica, tendo cada elemento sido previamente sensibilizado para a importância do rigor da sua participação e pormenorizadamente informado sobre a metodologia adoptada nos ensaios. Como o comum dos frequentadores das igrejas não possui estas características, há necessidade de averiguar sobre a existência de diferenças na avaliação da qualidade de recepção da palavra comparativamente ao do grupo utilizado nos testes desenvolvidos.

Para se ficar a conhecer a relação entre as respostas do grupo de auditores utilizado nos testes subjectivos e o público real, levou-se a efeito a realização de um inquérito visando a definição do grau de qualidade auditiva, a localização do ouvinte na igreja e a respectiva idade.

O objectivo deste capítulo é o de permitir comparar os resultados obtidos com o grupo de controlo com as respostas dos ouvintes reais, sobre a qualidade acústica das igrejas estudadas na óptica da inteligibilidade da palavra e determinar uma função de transferência entre os dois tipos de resultados.

### **5.9.2 Metodologia**

De modo a passar a conhecer-se a reacção dos frequentadores das 31 igrejas estudadas relativamente às condições acústicas desses espaços no âmbito da inteligibilidade da palavra, pretendeu-se implementar o inquérito em todas elas. Veio a ser realizado o inquérito em 28 igrejas das 31 estudadas, não tendo sido possível a sua implementação em tempo útil nas restantes 3. São elas as igrejas de São Francisco (Porto), São Martinho de Cedofeita - românica (Porto) e Cabeça Santa (Penafiel), sendo que as duas primeiras não estão frequentemente abertas ao culto.

Elaborou-se uma ficha de inquérito expressamente para o efeito (ver Anexo I), que foi distribuída aos fiéis presentes de idade adulta e com capacidade suficiente para responder sem grandes dúvidas ao questionário que lhes foi apresentado.

A resposta à ficha exigia que os participantes executassem três pequenos rasgos nos lados do papel, respeitantes à sua resposta relativamente à qualidade da audição da palavra (*muito bem*, *bem*, *mal* e *muito mal*), à idade (*menos de 30 anos*, *de 30 a 44 anos*, *de 45 a 59 anos* e *mais de 60 anos*) e à posição ocupada na igreja (*5 últimas filas da igreja*, *filas do meio da igreja* e *5 filas mais perto do altar*).

O inquérito foi realizado em uma ou mais missas dominicais e/ou vespertinas, consoante a capacidade de cada igreja e o índice de afluência à mesma. A média de respostas conseguida foi de cerca de 300 fichas por igreja.

As missas em que se executaram os inquéritos foram previamente seleccionadas pelo sacerdote responsável pelo templo. Em cada igreja o inquérito decorreu num único fim de semana, de modo a não existir o risco de inquirir o mesmo frequentador por mais do que uma vez.

Durante a parte inicial da cerimónia foi prestada pelo sacerdote celebrante uma breve informação sobre o objectivo do inquérito e uma descrição da forma como a ficha se encontrava organizada.

Foram distribuídas aproximadamente um total de 8500 fichas pelas 28 igrejas e das respostas recolhidas obtiveram-se 8046 fichas com validade de dados.

Para atingir o objectivo visado, a avaliação da inteligibilidade da palavra de modo objectivo e directo, manteve-se a instalação sonora activa, dado que na prática corrente das cerimónias religiosas ela é assim utilizada.

Por razões de ordem prática só foi possível distinguir três posições para localização dos ouvintes - as 5 filas mais perto do altar, correspondentes à posição *A* utilizada na realização dos testes de campo; as 5 últimas filas da igreja, equivalentes à posição *D* dos testes subjectivos; as filas do meio da igreja, correspondentes à associação de posições *B* e *C* utilizadas na realização dos testes de campo.

A avaliação solicitada aos participantes correspondeu a uma classificação da qualidade da palavra ouvida, em quatro graus - *muito bem*, *bem*, *mal* e *muito mal*.

Para posterior tratamento estatístico dos dados, foi criada a seguinte correspondência: *muito bem* fez-se corresponder ao valor 4, *bem* a 3, *mal* a 2 e *muito mal* a 1.

### 5.9.3 Resultados obtidos

Os resultados médios obtidos para cada uma das 28 igrejas já analisadas, estão transcritos no Quadro - 5.31 e correspondem à média ponderada de todas as respostas dadas por igreja.

Quadro 5.31 - Média global ponderada dos resultados dos inquéritos obtidos em cada uma das igrejas estudadas.

<b>Igreja/Nome</b>	<b>Igreja Número</b>	<b>Média global ponderada das respostas</b>
Serra do Pilar - Vila Nova de Gaia	15	2.77
Santíssimo Sacramento - Porto	4	2.78
Bustelo – Penafiel	21	2.84
Santa Maria Azurara - Azurara	28	2.86
Sé do Porto	10	2.94
Mosteiro de Pombeiro - Felgueiras	19	2.95
Santa Maria - Marco de Canavezes	20	2.98
Mosteiro de Paço de Sousa	23	3.02
Nossa Senhora da Conceição - Porto	27	3.05
Mosteiro de São Bento da Vitória – Porto	8	3.06
Convento dos Grilos - Porto	7	3.08
Sé de Braga	18	3.09
Nossa Senhora da Boa Vista - Porto	14	3.15
Mosteiro de Tibães - Braga	17	3.21
Mosteiro de Ferreira - Paços de Ferreira	25	3.25
São Pedro – Cete	22	3.26
S. Miguel de Nevogilde - Porto	9	3.26
Mosteiro de Grijó - Vila Nova de Gaia	16	3.27
Santo Ildefonso - Porto	3	3.29
Cedofeita (nova) - Porto	12	3.34
Clérigos – Porto	2	3.38
Matriz de Vila do Conde	29	3.41
Convento de Santa Clara - Vila do Conde	31	3.42
Lapa – Porto	1	3.50
São Pedro Rates	30	3.52
São João Baptista - Porto	26	3.57
Santa Clara – Porto	11	3.62

Pela análise do quadro 5.31 conclui-se que a média global ponderada dos valores obtidos pelas respostas dadas pelo público real apresenta uma grande convergência dado que, conforme se

pode verificar no quadro, numa escala de 1 a 4 os valores das médias ponderadas variam entre 2.77 e 3.62. Poderá isto significar que o público comum não é muito exigente, o que pode ficar a dever-se ao facto de as pessoas sentirem que não têm capacidade para avaliar com rigor uma característica qualitativa tão subjectiva ou que os ouvintes não dispõem de padrão de comparação de qualidade. Por outro lado essa convergência de valores poderá ser devida ao facto dos diferentes níveis da escala de avaliação não serem suficientemente discriminativos relativamente à característica que a escala se propõe medir. De facto aquando da construção desta escala houve consciência da dificuldade em mensurar este tipo de característica, tendo-se optado por uma escala discreta, entendendo-se que a utilização de uma escala numérica apresentaria dificuldades acrescidas por não existirem referências que permitissem orientar a avaliação do público.

Os resultados obtidos da avaliação do público variam entre 2.77 e 3.62 como atrás já se referiu. Com o objectivo de analisar mais pormenorizadamente estes resultados, foram os mesmos divididos em quatro grupos, tendo em conta a qualidade de audição da palavra. Dado que a amplitude total é de 0.85, o primeiro grupo vai de 2.77 a 2.98, o segundo grupo vai de 2.99 a 3.20, o terceiro grupo vai de 3.21 a 3.40 e o quarto grupo vai de 3.41 a 3.62.

O primeiro grupo, corresponde às igrejas que foram classificadas pelo público real como as de pior inteligibilidade e inclui as igrejas da Serra do Pilar, Santíssimo Sacramento, Bustelo, Santa Maria da Azurara, Sé do Porto, Mosteiro de Pombeiro e Santa Maria no Marco de Canavezes.

O segundo grupo representa as igrejas classificadas na conversão atrás referida como sendo possuidoras de fraca qualidade e é constituído pelas igrejas de Paço de Sousa, Nossa Senhora da Conceição, São Bento da Vitória, Sé de Braga e Nossa Senhora da Boa Vista.

O terceiro grupo diz respeito às igrejas que o público entendeu classificar a um nível superior do comportamento acústico na óptica da percepção da palavra e inclui as igrejas do Mosteiro de Tibães, Mosteiro de Ferreira, Cete, Nevogilde, Mosteiro de Grijó, Santo Ildefonso e nova de Cedofeita.

O quarto grupo corresponde às igrejas que o público avaliou como sendo as mais favoráveis à percepção do discurso e é composto pelas igrejas matriz de Vila do Conde, Santa Clara em Vila do Conde, Lapa (Porto), São Pedro de Rates, São João Baptista (Porto) e Santa Clara (Porto).

Seguidamente procede-se a um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o inquérito e os valores encontrados nos testes de campo objectivos e subjectivos.

A relação entre os resultados das respostas ao inquérito e os resultados obtidos através dos testes subjectivos estão representados graficamente no Figura 5.34. Nele estão incluídos a globalidade dos dados correspondentes a todas as posições de auditores.

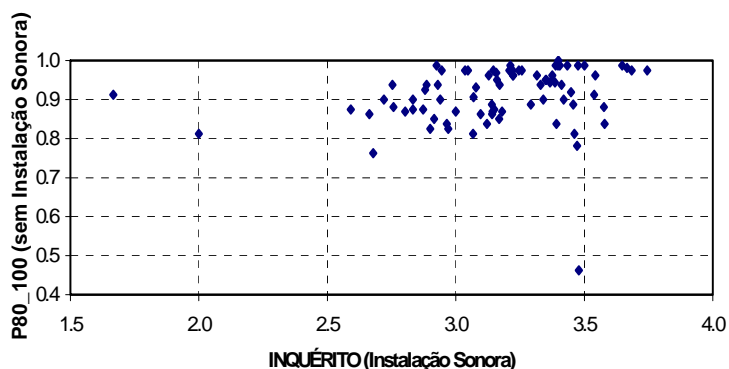


Figura 5.34 - Relação entre os resultados das respostas ao inquérito e os resultados dos testes subjectivos de inteligibilidade da palavra ( $P80_{100}$ ).

Constata-se que os valores correspondentes a cada um dos testes são muito diferentes, o que é explicável em parte por o inquérito se ter desenvolvido com a instalação sonora activa, o que não se verificou nos testes subjectivos. Por outro lado a diferença de resultados também corresponde ao facto de na situação de inquérito, o público ter avaliado a inteligibilidade de um discurso (com conteúdo) e como já se referiu, aos auditores, nos testes subjectivos, foi apresentada uma lista de palavras. Esta questão já foi versada no capítulo 4.1.

Melhor correlação se deverá esperar com o *RASTI-Instalação-Sonora* e o Inquérito, dado que em ambos os casos a instalação sonora se manteve activa.

De facto, relativamente à relação dos valores do RASTI medido com a instalação sonora activa e a fonte sonora colocada no ambão com os resultados do inquérito a situação é bem distinta da constatada no caso de  $P80_{100}$  (ver Figura 5.35).

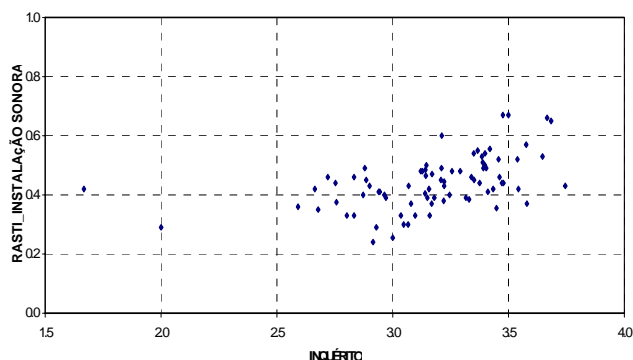


Figura 5.35 - Relação entre os resultados das respostas ao inquérito e os valores do RASTI obtidos para as igrejas com a instalação sonora activa.

Os dois pontos que se encontram isolados do conjunto de dados representados no gráfico não têm grande significado porque correspondem a respostas de apenas três pessoas. Entendeu-se então por ajustado não considerar esses pontos na determinação da função de transferência entre as respostas ao inquérito, com instalação sonora activa (Inq.) e o *RASTI-Instalação-Sonora* (ver Figura 5.36).

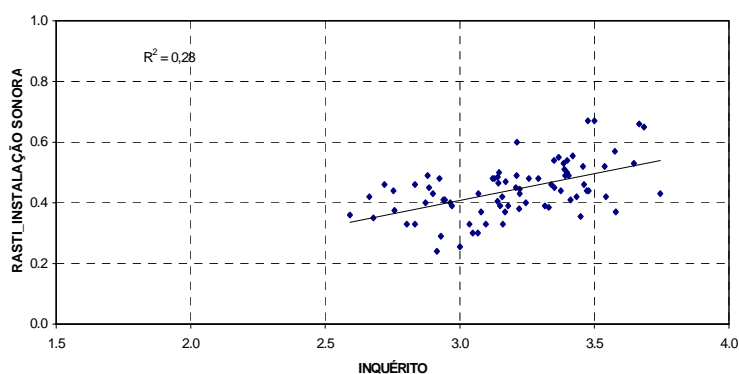


Figura 5.36 - Representação da função de transferência entre os resultados das respostas ao inquérito, com instalação sonora activa (Inq.) e os valores do RASTI obtidos para as igrejas com a instalação sonora activa (*RASTI-Instalação-Sonora*).

A equação de melhor ajuste encontrada é linear e tem um  $R^2=0.28$ :

$$RASTI-Ins.-Son. = -0.1225 + 0.1768(Inq.)$$

O baixo valor de  $R^2$  pode encontrar justificação na situação de se estar a comparar um resultado obtido por método objectivo (de maior rigor) com o valor resultante de métodos subjectivos, que conduzem a maior flexibilidade de respostas.

De referir ainda que embora os resultados dos testes subjectivos ( $P80_{100}$ ) se tenham obtido sem instalação sonora, pode encontrar-se facilmente uma função de transferência entre os valores resultantes do inquérito (com instalação sonora) e um  $P80_{100}$  (também com instalação sonora), através da aplicações de duas equações de transferência, propostas nos capítulos 5.2.2 e 5.3 deste estudo, (relacionando respectivamente  $RASTI-Ins.-Son./RASTI-Altar$  e  $RASTI-Altar/P80_{100}$ ), associadas à equação da função de transferência  $RASTI-Ins.-Son./Inq.$  acima apresentada. Porém, utilizando três funções de transferência em simultâneo, aumenta-se a imprecisão do resultado; existe também alguma incoerência nos dados, já que os sistemas de instalação sonora existentes nas igrejas são diferentes. De outra forma pode encontrar-se a função de transferência entre  $Inq.(com Ins.-Son.)$  e um  $P80_{100}$  (também com  $Ins.-Son.$ ), através da aplicação da equação proposta no capítulo 5.3, relacionando  $RASTI-Altar/P80_{100}$  associada à equação da função de transferência  $RASTI-Ins.-Son./Inq.(Ins.-Son.)$  acima apresentada.

O resultado obtido foi o seguinte:

$$P80 = 36.30 + 18.37 Inq - 1.93 Inq^2$$

## 6 CONCLUSÕES

A premissa de base deste estudo é que o desempenho acústico das Igrejas, face à inteligibilidade da palavra, é variável, conforme experiência comum.

A Tese que se pretende demonstrar é a de que é possível analisar e quantificar a variabilidade da inteligibilidade da palavra em igrejas e obter relações justificativas dessa variabilidade. A avaliação desta característica acústica foi desenvolvida através de análises e parâmetros de carácter objectivo e subjectivo em 31 igrejas:

- . Análise mediante parâmetros de carácter subjectivo - O teste seleccionado para avaliar a inteligibilidade da palavra neste estudo foi o "*PB Test*" e o material de teste escolhido foi uma lista de palavras foneticamente balanceadas, com frase portadora. Houve necessidade de elaborar 31 listas expressamente para a realização dos testes subjectivos de inteligibilidade da palavra, uma por igreja, dado que não foi possível usufruir da facilidade de dispor de listas de palavras previamente estudadas, uma vez que o material de teste não se encontrava desenvolvido para a língua Portuguesa. O grupo de auditores foi constituído por 23 alunos da ESMAE que se distribuíram por quatro grupos, com localização espacial estudada, de modo a que os resultados dos testes representassem da melhor maneira a audição real em toda a igreja. Para medir a inteligibilidade contaram-se as palavras correctamente percebidas. Esta quantificação, expressa como uma percentagem da totalidade das palavras proferidas, representa a medida da inteligibilidade (*P80-100*).

- . Análise mediante parâmetros de carácter objectivo - recorrendo ao uso de equipamentos e sem a intervenção subjectiva de auditores. A avaliação foi efectuada através da medição do parâmetro RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*), com equipamento B&K.

O parâmetro RASTI foi medido estando a fonte sonora colocada em três locais distintos. Numa primeira situação, a fonte sonora posicionou-se à frente do altar, sendo esta a posição de referência. Uma segunda série de testes respeitou à medição com a fonte sonora localizada no ambão (pequeno palanque com estante próximo do altar) de onde costumam ser proferidas as leituras das cerimónias religiosas. Durante esta série de medições o sistema de instalação sonora existente em cada igreja esteve activo. Nas igrejas que dispunham de púlpito, levou-se a efeito



uma terceira série de testes em que a fonte sonora foi aí colocada. Estas medições foram todas efectuadas nas mesmas quatro posições da igreja. Na primeira e terceira séries de testes a instalação sonora esteve sempre desligada.

- Com o objectivo de definir a relação existente entre o RASTI e a inteligibilidade avaliada em testes subjectivos em língua Portuguesa, analisaram-se os resultados entre os valores obtidos nas medições do *RASTI-Altar*, com os resultados dos testes de audição com discurso ao vivo, *P80\_100*, desenvolvidos nas 31 igrejas. Foi definida a seguinte equação de previsão, com um  $R^2$  de 0.50 (assim importa salientar que 50% da variabilidade dos valores do *P80\_100* são explicados por este modelo):

$$P80_{100} = -62.224(RASTI-Altar)^2 + 88.652(RASTI-Altar) + 48.089$$

A sua aplicação permite determinar a inteligibilidade da palavra através do conhecimento do valor do RASTI em cada ponto de cada igreja.

Com esta análise confirmou-se que o RASTI é um parâmetro útil para avaliar a inteligibilidade da palavra também em língua Portuguesa.

Recorrendo à tabela de conversão do valor do RASTI numa escala subjectiva de inteligibilidade da palavra (CEI, 1988), pode concluir-se que a maior parte das igrejas apresentam uma inteligibilidade *suficiente* ou *mediocre*. As igrejas que apresentam melhor inteligibilidade (os resultados obtidos nos testes subjectivos têm um número de respostas certas superiores a 90%) são a de Santo Ildefonso (Porto), nº 3, Gondarém (Porto), nº 5, São Miguel de Nevogilde (Porto) nº 9, Santa Clara (Porto), nº 11, nova de Cedofeita (Porto), nº 12 e Cabeça Santa (Penafiel), nº 24; tendo também uma pequena dispersão de resultados.

- Analisou-se o efeito da distância entre a fonte sonora e os auditores na inteligibilidade da palavra, tendo-se provado que a distância do auditor à fonte sonora influencia directamente o grau de inteligibilidade da palavra, variando na razão inversa. Definiu-se uma função de previsão em que o quadrado do coeficiente de correlação é de 0.58, enquanto que com o RASTI essa relação tem um  $R^2$  de 0.52. De referir ainda que as igrejas onde se mediu o maior valor de todos para o parâmetro RASTI, são a igreja de S. Ildefonso (Porto), nº 3 e a igreja de S. Francisco (Porto), nº 6, em que, para a medição feita na posição *A*, mais próxima do altar, o valor médio do RASTI com a fonte sonora localizada no altar foi de 0.75.

- Analisou-se o efeito da transferência da emissão sonora do altar para o púlpito na inteligibilidade da palavra desenvolvendo-se uma análise comparativa de valores do RASTI, de modo a verificar-se se o uso do púlpito contribui ou não para a melhoria da inteligibilidade nas igrejas. Assim, estudou-se a relação do ganho nos valores do RASTI, face à distância ao altar. O termo *ganho* aqui corresponde à diferença existente entre os valores das medições do RASTI com a fonte sonora localizada no púlpito e o valor da medição de referência do RASTI com a fonte sonora situada perto do altar:

$$\text{Ganho RASTI} = (\text{RASTI-Púlpito}) - (\text{RASTI-Altar})$$

Desta abordagem conclui-se que o efeito do púlpito beneficia quase em exclusivo as pessoas que estão nas posições centrais da igreja, porque é nesta zona que habitualmente se encontram os púlpitos. Embora esta situação varie de igreja para igreja, pode dizer-se que duma maneira geral para os auditores que ocupam as bancadas mais próximas do altar o uso do púlpito é prejudicial à inteligibilidade da palavra. Para as localizações mais próximas do acesso principal da igreja, mais distantes do altar, não é muito significativa a diferença de inteligibilidade proveniente da localização da fonte no altar ou no púlpito, piorando ligeiramente na última situação.

- Analisou-se de que forma os parâmetros arquitectónicos das Igrejas se relacionam com o seu comportamento acústico na óptica da inteligibilidade da palavra, utilizando-se os resultados obtidos pelos métodos subjectivos e objectivos.

Os parâmetros arquitectónicos utilizados foram seleccionados tendo por base as escolhas feitas em estudos acústicos já realizados sobre salas de concerto e igrejas (Barron e Lee, 1988; Bradley, 1989; Carvalho, 1994; Gade, 1990; Hook, 1989; Morgado, 1996). Incluiu-se também a distância ao altar, apesar de este parâmetro poder variar dentro da mesma igreja uma vez que representa a distância entre o emissor (neste caso sempre posicionado no altar) e o receptor, que pode assumir diferentes posições dentro da igreja.

Para o efeito analisaram-se as variações encontradas nos resultados dos testes subjectivos, *P80\_100*, considerando esta como variável dependente tendo-se constatado que o parâmetro Distância ao Altar se relaciona com um  $|R| = 0.75$ , o que significa que para este parâmetro se pode encontrar uma relação linear de dependência com significado estatístico; Definiu-se

também uma função de previsão linear, que apresenta um  $R^2$  de 0.66 e que inclui oito dos 14 parâmetros arquitectónicos. Obteve-se a seguinte equação:

$$P80_{100}=1.0012-7.0\times 10^{-3}(D\_ALTAR)+7.0\times 10^{-6}(VOLTOT)-2.0\times 10^{-5} \\ (VOLNAVE)+4.6\times 10^{-4}(AREANAV)-4.5\times 10^{-3}(LNAV)+5.5\times 10^{-3} \\ (HNAV)-6.1\times 10^{-3}(LARGMED)+0.389 (CFABSOME)$$

Onde:  $P80_{100}$  - Resultados dos testes de inteligibilidade da palavra,  $D\_ALTAR$  - Distância do receptor ao altar (m),  $VOLTOT$  - Volume Total ( $m^3$ ),  $VOLNAVE$  - Volume da Nave ( $m^3$ ),  $AREANAV$  - Área da Nave ( $m^2$ ),  $LNAV$  - Comprimento da Nave (m),  $HNAV$  - Altura da Nave (m),  $LARGMED$  - Largura média (m),  $CFABSOME$  - Coeficiente de Absorção Médio de todas as superfícies.

Para o RASTI as melhores correlações acontecem com o Distância ao Altar, o Coeficiente de Absorção Médio, a Absorção Total e a Altura Máxima.

Obteve-se a seguinte equação linear com um  $R^2$  de 0.66:

$$RASTI-ALTAR=0.456-1.1\times 10^{-2}(D\_ALTAR)+3.5\times 10^{-5}(VOLTOT)-3.3\times 10^{-5}(VOLNAVE) \\ -2.5\times 10^{-4}(AREATOT)+10.0\times 10^{-3}(LNAV)+1.1\times 10^{-2}(LARGNAV)- \\ 8.9\times 10^{-3} (LARGMED)-1.3\times 10^{-2}(HMEDTOT)+1.002(CFABSOME)$$

As relações matemáticas que se definem entre o valor do RASTI e os parâmetros arquitectónicos de cada igreja podem vir a constituir instrumento de trabalho para projectistas ou especialistas desta área que venham a desenvolver futuras investigações.

Analizou-se igualmente a relação existente entre os resultados dos testes subjectivos da inteligibilidade da palavra ( $P80_{100}$ ), a medida acústica objectiva RASTI e os catorze parâmetros arquitectónicos. Os valores do RASTI considerados são os correspondentes ao conjunto de medições feitas com a fonte sonora situada no altar, obtendo-se a seguinte equação:

$$P80_{100}=0.941+1.37\times 10^{-1}(RASTI)+5.62\times 10^{-6}(VOLTOT)-1.81\times 10^{-5}(VOLNAVE)+4.5\times 10^{-4} \\ (AREANAV)-0.5\times 10^{-2}(LNAV)+0.6\times 10^{-2}(HNAV)-0.6\times 10^{-2} \\ (LARGMED)+0.263(CFABSOME)-0.6\times 10^{-2}(D\_ALTAR)$$

Este modelo geral linear apresenta um  $R^2$  de 0.68.

O melhor ajuste verifica-se para o modelo respeitante ao estudo dos dados relativos à posição *A* ( $R^2 = 0.90$ ) e a equação entra com 10 variáveis.

Em face dos resultados obtidos para definir *P80\_100* em função do RASTI e dos parâmetros arquitectónicos, expressos numericamente por equações de previsão, definidas ao longo deste estudo, é de salientar que a "Inteligibilidade da Palavra" (*P80\_100*) de um determinado espaço, pode ser melhorada se forem tidas em conta algumas indicações de índole construtivo, que se passam a enunciar:

A inteligibilidade da palavra varia positivamente com cada uma das seguinte alteração nos valores de alguns parâmetros arquitectónicos:

- se for diminuído o comprimento da nave, a largura média, a distância ao altar e o volume da nave;
- se conseguir-se aumentar o coeficiente de absorção médio, a área da nave, o volume total e a altura da nave.

Este tipo de análise é muito relevante para o estudo em referência já que permite "compreender" o efeito da arquitectura na inteligibilidade da palavra (um dos objectivos da Tese).

● **Indagou-se sobre o modo como o comportamento acústico das igrejas na óptica da inteligibilidade da palavra varia com os estilos arquitectónicos das mesmas;** atendendo a que 31 igrejas seleccionadas representam cinco estilos arquitectónicos bem diferenciados, que vão desde o século XI ao século XX, concluiu-se que o *P80\_100* decresce ligeiramente do estilo Românico para o estilo Gótico, crescendo acentuadamente para o estilo Barroco para voltar a decrescer significativamente com o estilo Neoclássico e finalmente voltar a crescer com o estilo Contemporâneo. Estas diferenças de qualidade do comportamento acústico face à inteligibilidade da palavra estão intrinsecamente ligadas às diferentes importâncias que ao longo dos séculos a palavra assumiu na celebração das cerimónias litúrgicas da religião católica.

● **Averiguou-se se os sistemas de apoio electro-acústico instalados nas igrejas estudadas, contribuem ou não para um efectivo melhoramento da inteligibilidade da palavra;** é interessante constatar que a variação entre as medidas do *RASTI-Instalação-Sonora* tomadas em cada uma das posições, é menor do que para o *RASTI-Altar*, o que encontra explicação no facto de a instalação sonora provocar uma homogeneização do campo sonoro instalado. Concluiu-se também que as igrejas que mais se salientaram na avaliação do *RASTI-Altar* mantiveram uma

posição de destaque relativamente ao *RASTI-Instalação-Sonora*, donde se pode inferir que o efeito provocado pela instalação sonora não se sobrepõem ao comportamento acústico que cada espaço tem, relativamente à inteligibilidade da palavra.

Desenvolveu-se uma análise comparativa de valores do RASTI, de modo a verificar-se se o uso das instalações sonoras existentes nas igrejas melhoram substancialmente ou não a inteligibilidade da palavra nas mesmas. Com esse fim estudou-se a relação do ganho nos valores do RASTI face à distância ao altar. Entende-se por *ganho* no RASTI a diferença existente entre os valores das medições do RASTI com a instalação sonora activa (e a fonte sonora situada no ambão, junto ao altar) e o valor da medição de referência do RASTI com a fonte sonora situada no altar:

$$\text{Ganho RASTI} = (\text{RASTI-Instalação-Sonora}) - (\text{RASTI-Altar})$$

Concluiu-se que para uma distância até cerca de 10 m o valor do *RASTI-Instalação-Sonora* é inferior ao do *RASTI-Altar*. Para distâncias superiores a cerca de 10 metros, existe um ganho no valor do RASTI. Pode concluir-se que o uso de instalação sonora é desfavorável para as posições distanciadas menos de 10 metros da zona do altar, só sendo favorável para distâncias ao altar superiores a 10 metros. Concluiu-se pois que o efeito da instalação sonora no valor do RASTI não é vantajoso para a posição mais próxima do altar.

Actualmente a função de homogeneização do campo sonoro está atribuída à instalação sonora. Numa perspectiva histórica será interessante referir que os púlpitos desempenharam esse papel, localizando-se numa área mais central relativamente à assembleia.

De forma a permitir-se conhecer o melhoramento introduzido pela instalação sonora instalada em cada igreja, definiu-se um factor de melhoramento do RASTI ( $F_m$ ), como sendo:

$$F_m = (\text{RASTI}_{\text{Inst.-Sonora}})_{\text{médio}} / (\text{RASTI}_{\text{Altar}})_{\text{médio}}$$

Verificou-se que o uso da instalação sonora melhora, em média, em cerca de 7% os valores do RASTI obtidos sem instalação sonora, para cada igreja. Isto corresponde a um melhoramento em valor absoluto do valor do parâmetro RASTI em cerca de 0.03. Constatou-se que se na análise não for considerada a posição mais perto do altar, a instalação sonora melhora em média em aproximadamente 19% o valor do RASTI.

Foram também desenvolvidos dois ensaios complementares:

- a medição do RASTI numa igreja ocupada
- a implementação de um inquérito público aos frequentadores das igrejas estudadas.

O primeiro destes ensaios levou-se a efeito tendo em conta que a avaliação desenvolvida no âmbito deste estudo, sobre a qualidade e o desempenho acústico das igrejas em relação à inteligibilidade da palavra, com base em testes objectivos e subjectivos, decorreu com as igrejas desocupadas. Com a imposição desta condição pretendeu-se assegurar idênticas condições de base na realização de cada teste nas diferentes igrejas, bem como possibilitar a comparação entre os valores agora obtidos e os existentes em literatura (quase em exclusivo de igrejas desocupadas). Por outro lado também se afigurava difícil a realização de ensaios acústicos com as igrejas ocupadas devido ao ruído de fundo que se criaria com esta situação. Como os resultados dos testes levados a efeito em igrejas vazias não são os típicos das condições acústicas duma igreja aberta ao culto, em que as cerimónias contam com a presença de fiéis, entendeu-se por útil e necessário a obtenção de uma correlação (uma função de transferência) dos valores dos resultados da igreja desocupada para os da mesma igreja, mas ocupada. Pretendeu-se assim determinar o efeito da presença de pessoas no interior da igreja e analisar de que modo a ocupação deste tipo de espaço influencia o resultado das medições acústicas na óptica da inteligibilidade da palavra. Com esse objectivo levou-se a efeito um ensaio de medição objectiva do parâmetro RASTI numa das 31 igrejas, ocupada. A avaliação fez-se no decurso de uma missa dominical em que o acto religioso foi interrompido na homilia, por um período de aproximadamente 10 minutos, de modo a permitir a realização da experiência. Foram avaliadas duas situações distintas. Em cada uma delas a metodologia seguida foi idêntica à adoptada aquando da realização dos testes objectivos com as igrejas desocupadas.

A primeira situação consistiu na avaliação do RASTI com a fonte sonora localizada no altar (*RASTI-Altar*). O segundo teste respeitou à medição do RASTI com a instalação sonora activa (*RASTI-Instalação-Sonora*), estando a fonte sonora localizada no ambão.

Pode afirmar-se que a ocupação plena da igreja corresponde a um acréscimo de aproximadamente 6% no valor do RASTI da Igreja vazia. Este aumento relativo no RASTI de cerca de 6% equivale a um aumento absoluto de cerca de 2% no valor de  $P_{80\_100}$ .

. Foi implementado um inquérito público visando a definição do grau de qualidade auditiva, a localização do auditor e a respectiva idade, para se ficar a conhecer a relação entre as respostas do grupo de auditores utilizado nos testes subjectivos e o público real. Possibilitou-se assim a comparação entre os resultados obtidos com o grupo de controlo e as respostas dos auditores reais, sobre a qualidade acústica das igrejas estudadas na óptica da inteligibilidade da palavra.

A resposta à ficha de inquérito exigia que os auditores executassem três pequenos rasgos nos cantos do papel, respeitantes respectivamente à qualidade da audição da palavra (*muito bem*, *bem*, *mal* e *muito mal*), à idade possuída por cada auditor (menos de 30 anos, de 30 a 44 anos, de 45 a 59 anos e mais de 60 anos) e à posição ocupada por cada auditor na igreja (5 últimas filas da igreja, filas do meio da igreja e 5 filas mais perto do altar).

Em cada igreja o inquérito decorreu num único fim de semana, de modo a não existir o risco de inquirir o mesmo frequentador por mais do que uma vez.

Constatou-se que as respostas correspondentes aos testes com o grupo de controlo e com os auditores foram muito diferentes, o que é explicável em parte por o inquérito se ter desenvolvido com a instalação sonora activa, o que não se verificou nos testes subjectivos e por outro lado ao facto de, na situação de inquérito, o público ter avaliado a inteligibilidade de um discurso.

Melhor correlação se constatou haver com o *RASTI-Instalação-Sonora* e o Inquérito, dado que em ambos os casos a instalação sonora se manteve activa:

$$\text{RASTI-Ins.-Son.} = 1.16 - 0.647(\text{Inq.}) + 0.131(\text{Inq.})^2, \text{ com um } R^2 = 0.28.$$

O baixo valor de  $R^2$  pode encontrar justificação na situação de se estar a comparar um resultado obtido por método objectivo (de maior rigor) com o valor resultante de métodos subjectivos, que conduzem a maior flexibilidade de respostas.

De referir ainda que embora os resultados dos testes subjectivos (*P80\_100*) se tenham obtido sem instalação sonora, pode encontrar-se facilmente uma função de transferência entre os valores resultantes do inquérito e o *P80\_100*, através das aplicações de duas equações de transferência, propostas neste estudo, (relacionando respectivamente *RASTI-Ins.-Son./RASTI-Altar* e *RASTI-Altar/P80\_100*), associadas à equação da função de transferência *RASTI-Ins.-Son./Inq.*, acima apresentada.

Face ao acima exposto conclui-se que a Tese que se proponha neste estudo foi demonstrada.

Os objectivos que se pretendia atingir foram conseguidos, embora se tenham detectado dificuldades que só poderiam ser completamente superadas com um aprofundamento não

condizente com os limites temporais vigentes na execução desta investigação. O suprimento dos constrangimentos encontrados poderão conduzir ao desenvolvimento de novos trabalhos, conforme o exposto no capítulo seguinte.



## 7 PISTAS PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

As condições acústicas dependem de quatro factores: a geometria do espaço (tamanho e forma); as propriedades de absorção sonora das superfícies interiores do espaço; o número de pessoas no espaço, Hodgson (1994) e da potência da fonte sonora.

Entende-se ser importante estudar mais aprofundadamente como é que a inteligibilidade da palavra e de forma mais generalizada falando, o comportamento acústico deste tipo de edifícios, se relaciona com o desenho (forma) do edifício, em especial com o tipo de tecto(material e forma).

De modo a permitir uma melhor análise estatística sobre o efeito da presença de pessoas no interior da igreja, considera-se que este tipo de estudo, com a igreja ocupada, deverá em trabalhos futuros, ser alargado a um maior número de igrejas cheias.

Os sistemas de instalação sonora existentes nas igrejas foram inventariados de modo a possibilitar futuras análises mais desenvolvidas nesta área, para determinar a importância do tipo e colocação dos referidos equipamentos nos resultados obtidos.

Considera-se fundamental o desenvolvimento de listas de palavras em português, trabalhadas na área da linguística e da fonética, de modo a permitir a sua utilização em futuros trabalhos científicos, que impliquem a utilização de PB tests (analogamente ao que existe em algumas línguas estrangeiras).

Um dos problemas encontrados no desenvolvimento deste trabalho foi a necessidade de atribuir um valor de coeficiente de absorção à talha e aos órgãos existentes nas igrejas portuguesas. Entende-se ser necessário calcular experimentalmente estes dois valores, de forma a conhecer resultados mais rigorosos, propondo-se que esse trabalho venha a ser proximamente desenvolvido em futura investigação.

## 8 REFERÊNCIAS

- ANSI S3.2 - American National Standard Methods for Measurement of Speech Intelligibility, American National Standards Institute, Nova Iorque, 1990.
- Beranek L., "Acoustic Measurements", John Wiley and Sons, New York, Chap. 17, 1949.
- Bilger, R. C. "Standardization of a Test of Speech Perception in Noise", Speech and Hearing, vol. 27, 1988, pp. 32-48.
- Carvalho, A.P. Oliveira "Influence of Architectural Features and Styles on Various Acoustical Measures in Churches" (Doctoral Dissertation) U of Florida, Dezembro, 1994.
- CEI IEC 268-16, Rapport de la Commission Electrotechnique Internationale "Equipements pour systèmes électroacoustiques - Seizième partie : Evaluation objective de l'intelligibilité de la parole dans les salles de conférence par la méthode "RASTI", 1988.
- Dassori, E., Ottonello, T. e Trucco, A. "Estimation and analysis of acoustic parameters of ancient churches for concert performances", U of Genoa, 1998.
- Denes, P. B. and Pinson, E. N. "The Speech Chain", W. H. Freeman and Company, 1993.
- Dias, Mário Anacleto "A Igreja de S. Bento da Vitória, um espaço de música dos séc. XVII e XVIII" FLUP, (em conclusão) 1998.
- Egan, J. P. "Articulation Testing Methods", Laryngoscope, vol. 58, nº 9, 1948, pp. 955-981.
- Fearn, W. F. "Reverberation in Spanish, English, and French Churches", 1975.
- Fitzroy, D. "The sounds of St. Mary's", The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 54, nº 2, 1973.
- Hammad, R. N. S. "RASTI Measurements in Mosques in Amman, Jordan", Applied Acoustics 30, 1990.
- Hirsh I. J., "Development of Materials for Speech Audiometry" J. Speech Hearing Disord., vol. 17, nº 3, 1952, pp. 321-337.
- Horrall, Thomas R. e Jacobsen, Torben "RASTI Measurements : Demonstration of different applications" Bruel & Kjaer Application Note.
- House, A. S. "Articulation Testing Methodes: Consonantal Differentiation with a Closed-Response Set", J. Acoust. Soc. Am., vol. 37, 1965, pp. 158-166.

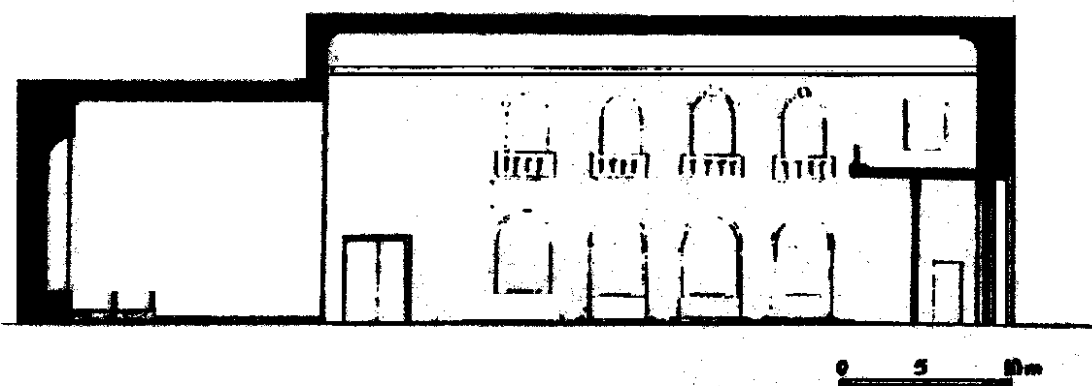
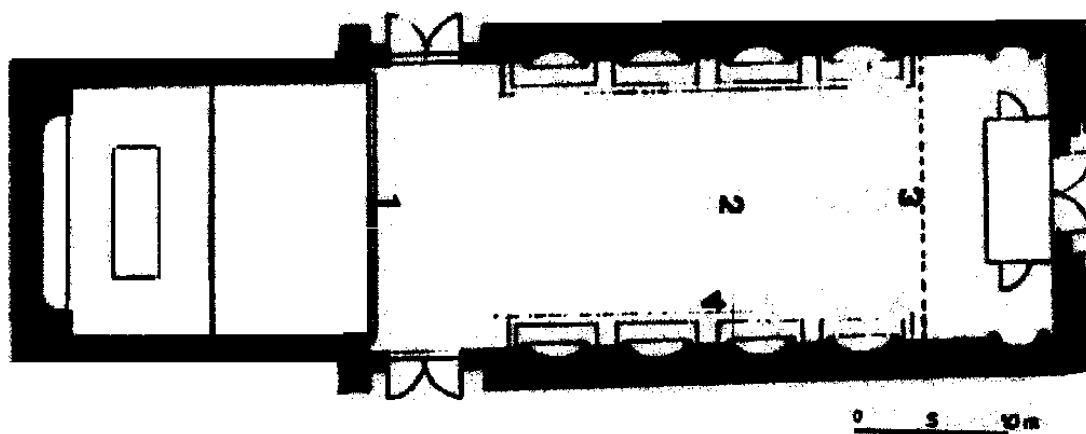
- IPPAR- Secretaria de Estado da Cultura "Património Arquitectónico e Arqueológico Classificado- Inventário Portugal", Lisboa 1993.
- ISO TR 4870, Technical Report "Acoustics - The construction and calibration of speech intelligibility tests", 1991.
- Kalikow, D. N., Stevens, K. N. e Elliot, L. L., "Development of a Test of Speech Intelligibility in Noise Using Sentence Materials with Controlled Word Predictability", J. Acoust. Soc. Am., vol. 61, 1977, pp. 1337-1351.
- Levitt, Harry e Webster, J. C. "Acoustical Measurements and Noise Control" - Chapter 16 - "Effects of Noise and Reverberation on Speech", 1991.
- Lewers, T. H. e Anderson, J. S. "Some Acoustical Properties of St. Paul's Cathedral, London", Journal of Sound and Vibration 92(2), 285-297, 1984.
- Lopez, M. R. and Gonzalez, C. G. "Experimental study of the acoustic in the church of the monastery of Santo Domingo de Silos", Acustica, 62, 1987.
- Mapp, Peter "Practical Limitations of Objective Speech Intelligibility Measurements of Sound Reinforcement Systems", 102<sup>nd</sup> Convention, Audio Engineering Society, Munique, Alemanha, Março 1997.
- Marshall, A. H., Day, C. W. and Elliott, L. J. "The Acoustical Design of a 4000-Seat Church", J. Audio Eng. Soc., vol. 35, nº 11, Novembro 1987.
- McCandless, D. e Lane, R. N. "Acoustics of St. Luke's Episcopal Church", 65<sup>th</sup> Meeting of the Acoustical Society of America, Maio 1963.
- Meeks, G. E. "The Church That Rocks and Rolls", 72<sup>nd</sup> Convention of the Audio Engineering Society, Anaheim, California, Outubro 1982.
- Morgado, A. E. Jorge "Estudo Acústico de Igrejas Portuguesas através de Parâmetros Subjectivos" - Dissertação de Mestrado - FEUP, Setembro, 1996.
- Nascimento, M. F. B., Marques, M. L. Garcia e Cruz, M. L. S. "Português Fundamental", Instituto Nacional de Investigação Científica- Centro de Linguística da Universidade de Lisboa, vol. II - Métodos e Documentos, Tomo I- Inquérito de Frequência, 1987.
- P.O., Carvalho A., <http://www.fe.up.pt/~carvalho/igrejas.litmP.O>, 1998.
- Parkin, P. H. e Taylor, J. H. "Speech Reinforcement in St. Paul's Cathedral - Experimental System Using Line-source Loudspeakers and Time Delays", Wireless World, Fevereiro 1952.

- Parkin, P. H. e Taylor, J. H. "Speech Reinforcement in St. Paul's Cathedral - Details of the Equipment and Results of Tests", Março 1952.
- Raes, Auguste C. e Sacerdote, Gino G. "Measurements of the Acoustical Properties of Two Roman Basilicas" The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 25, nº 5, Setembro 1953.
- Sendra, J. J., Zamarreño, T. e Navarro, J. "Acoustical behavior of churches : Gothic-Mudejar churches", School of Architecture of Seville, 1998.
- Shankland, R. S. e Shankland, H. K. "Acoustics of St. Peter's and Patriarchal Basilicas in Rome", The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 50, nº 2 (Part 1), Abril 1971.
- Tzekakis, E. G. "Reverberation time of the Rotunda of Thessaloniki", Aristotle University of Thessaloniki, Greece, J. Acoust. Soc. Am., vol. 57, nº 5, Maio 1975.
- van der Werff: "Speech Intelligibility in Rooms", Noise-Con 97, Pennsylvania State University, 1997.
- Voiers, W. D. "Diagnostic Evaluation of Speech Intelligibility" in M. E. Hawley (cd.), Speech Intelligibility and Speaker Recognition, Benchmark Papers in Acoustics, vol. II, Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pa., 1977.

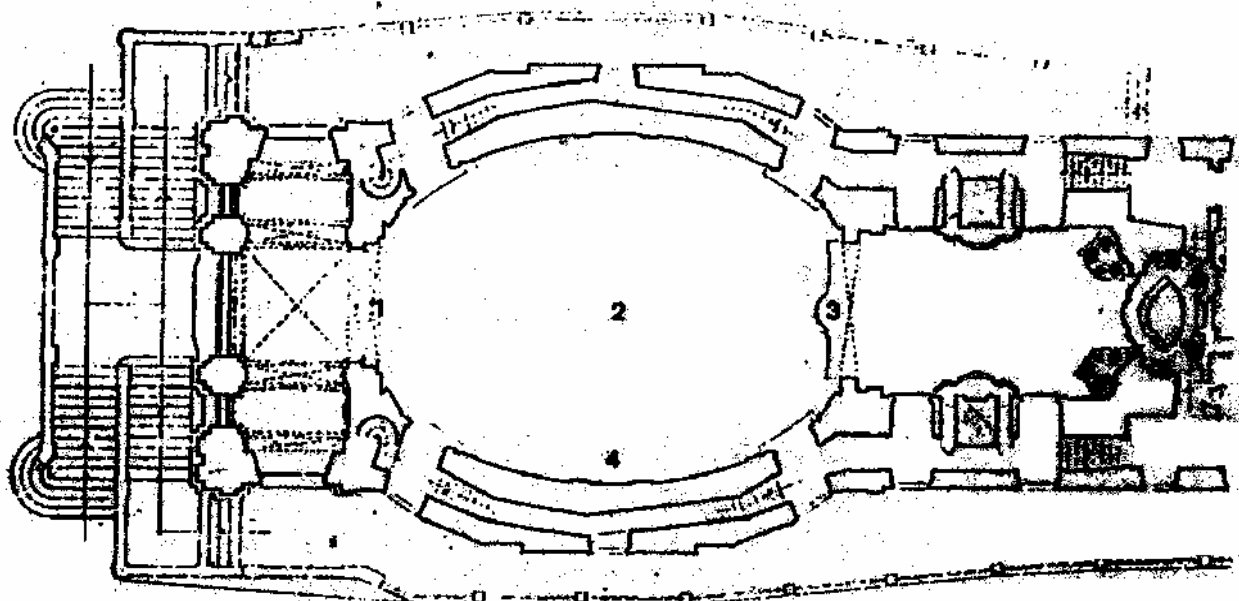




Igreja da Lapa, (nº 1)

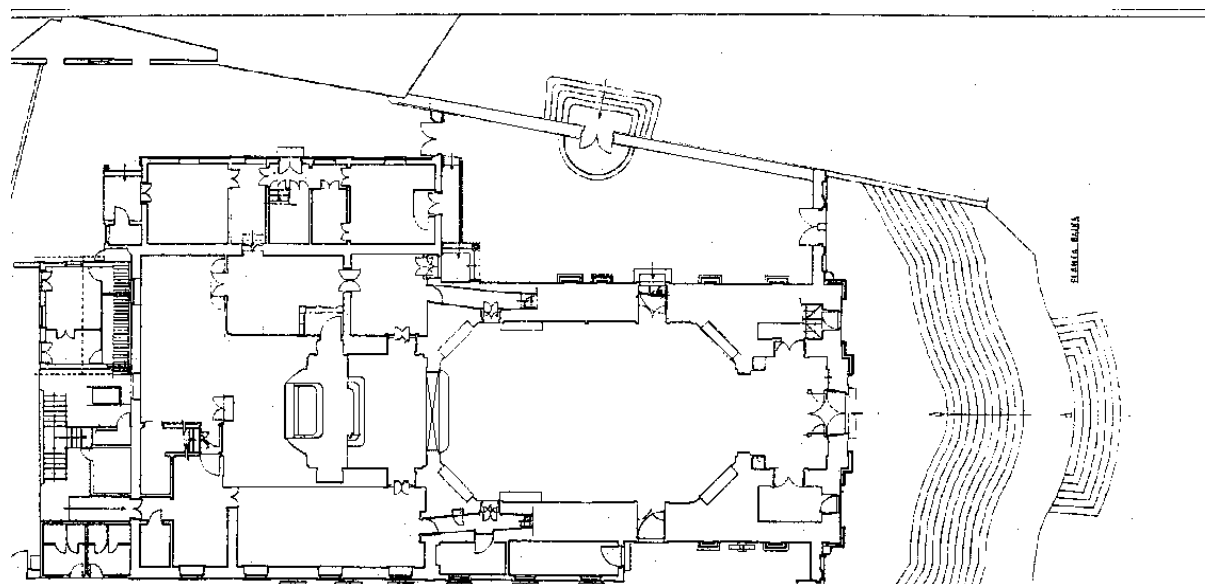


Igreja dos Clérigos, (nº 2)

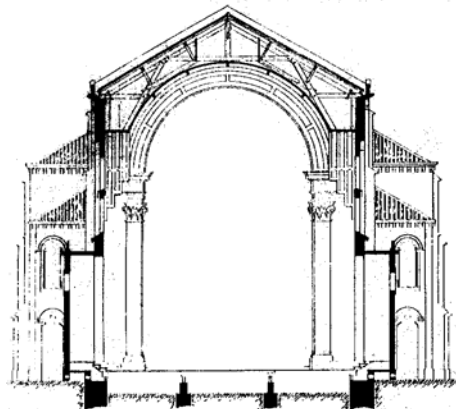
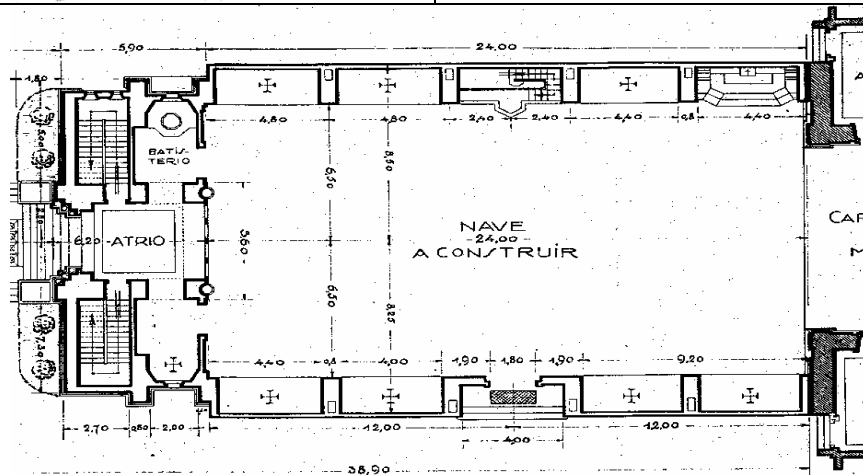
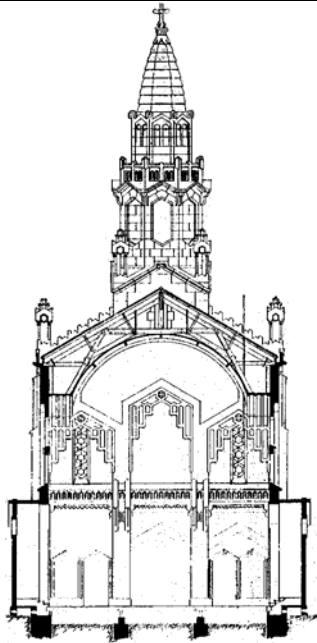




Igreja de Sta. Ildefonso (nº 3)



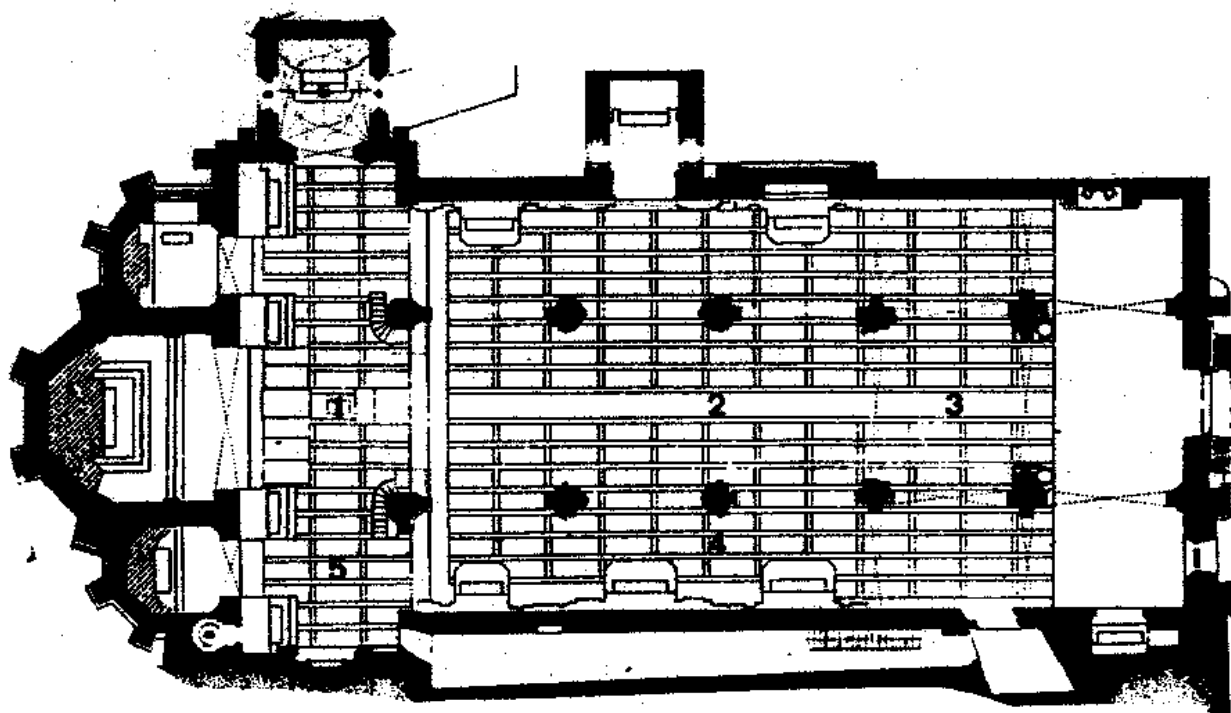
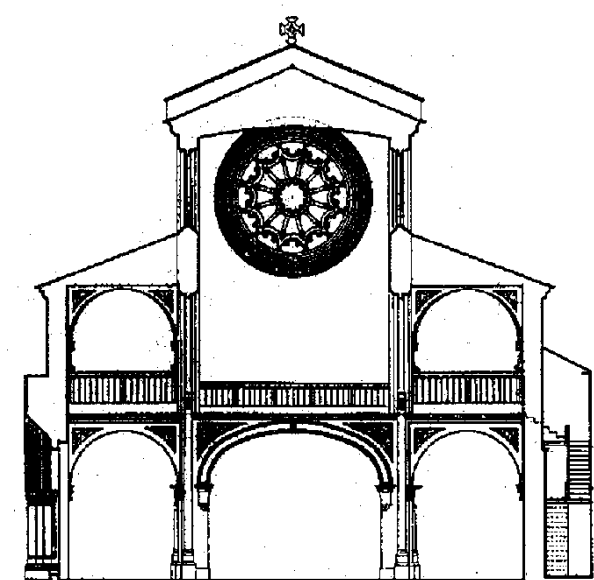
**Igreja Santíssimo Sacramento, (nº 4)**



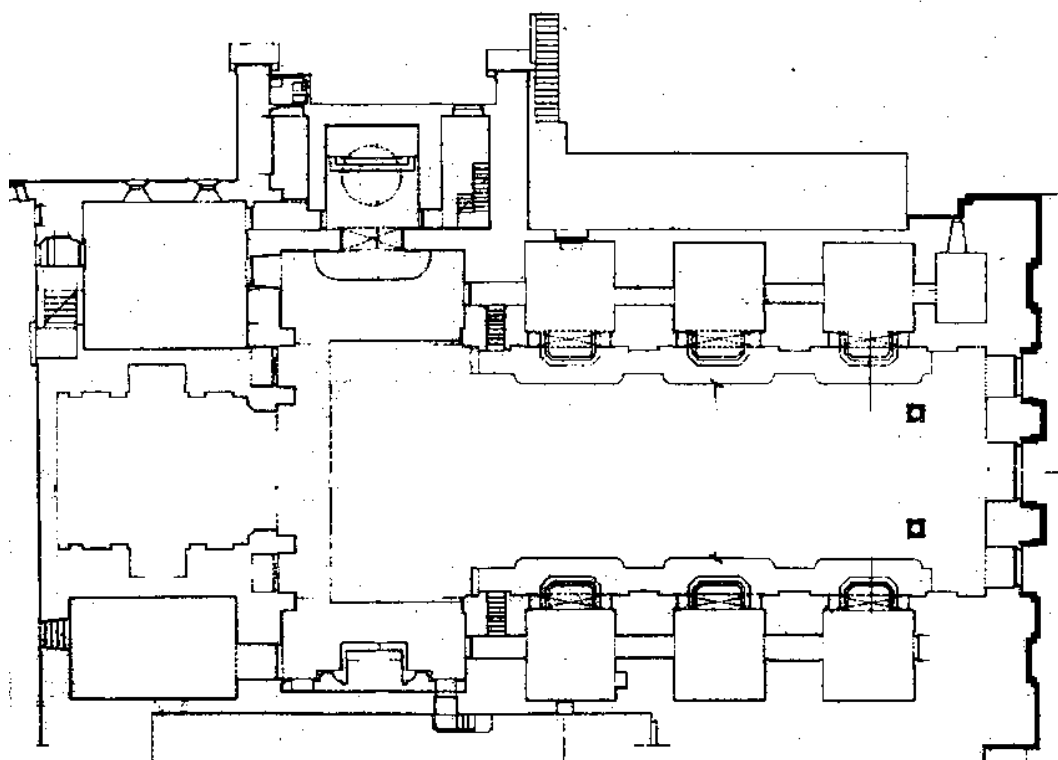
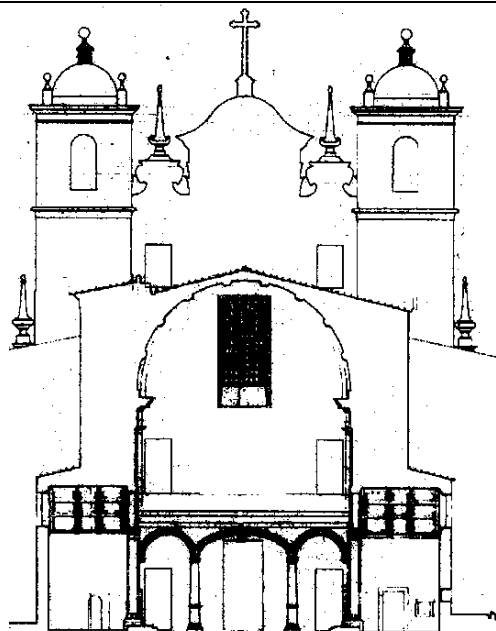
Igreja de Gondarém , (nº 5)



Igreja de S. Francisco, (nº 6)

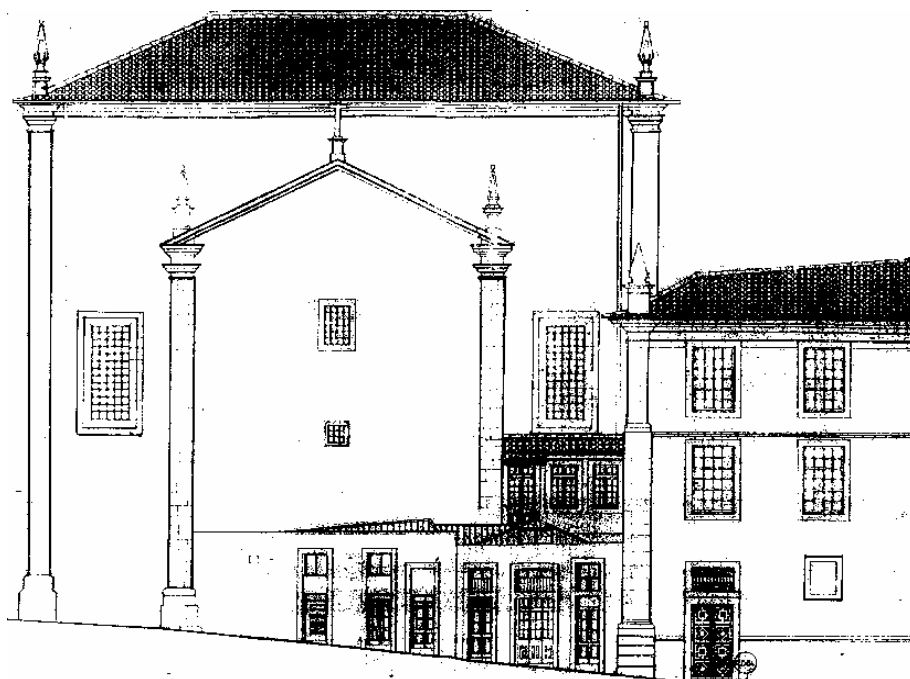


Igreja do Convento dos Grilos, (nº 7)

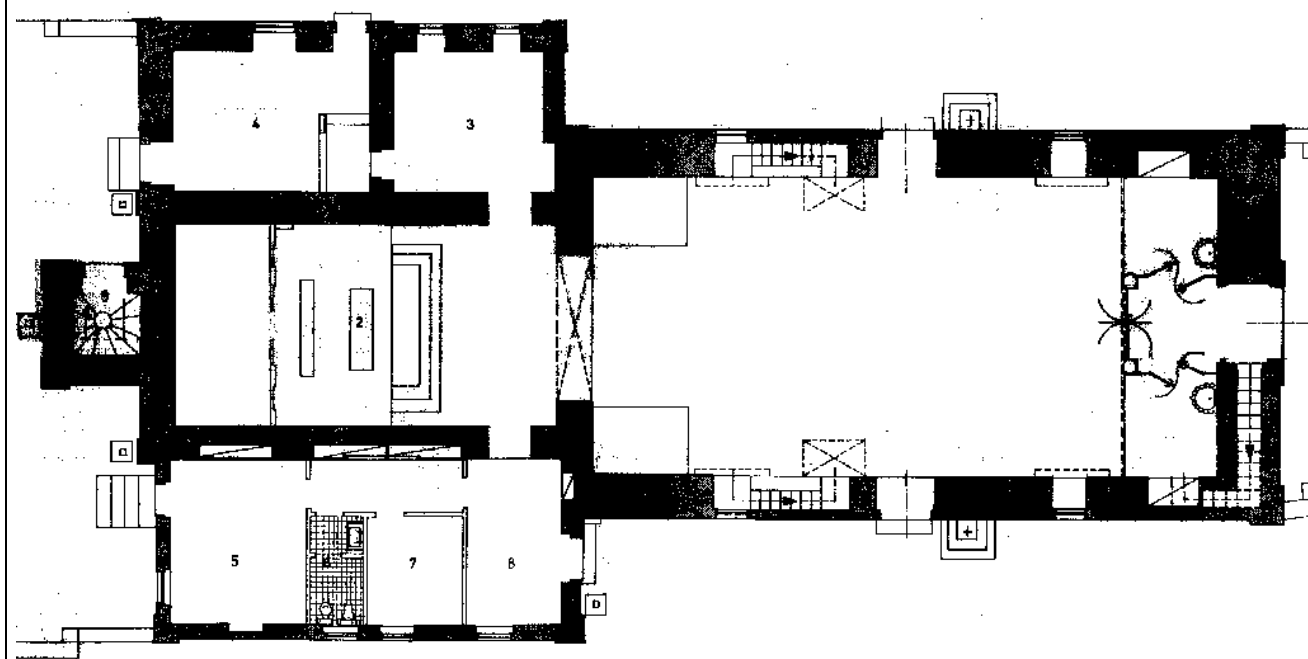
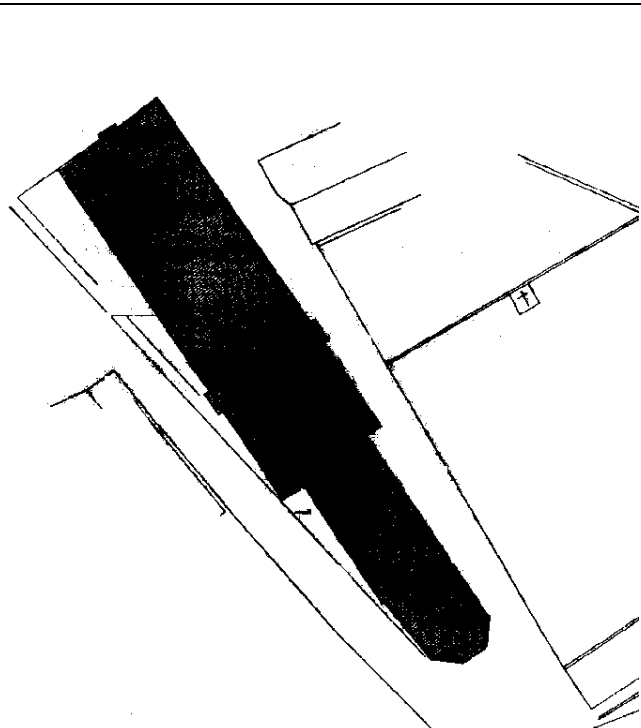




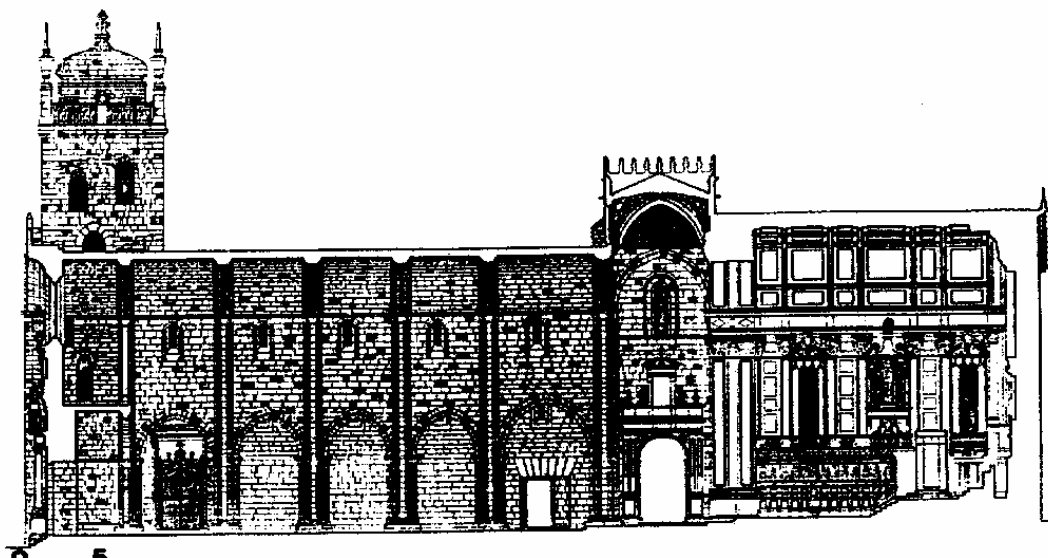
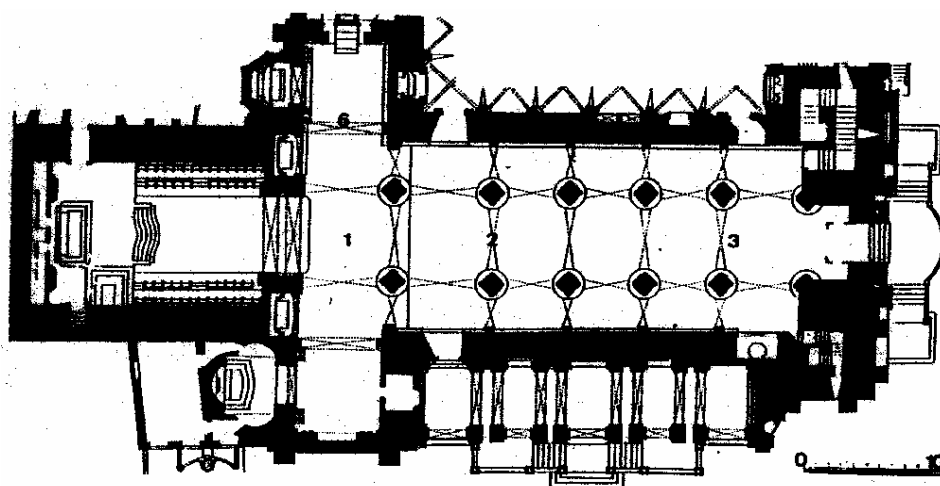
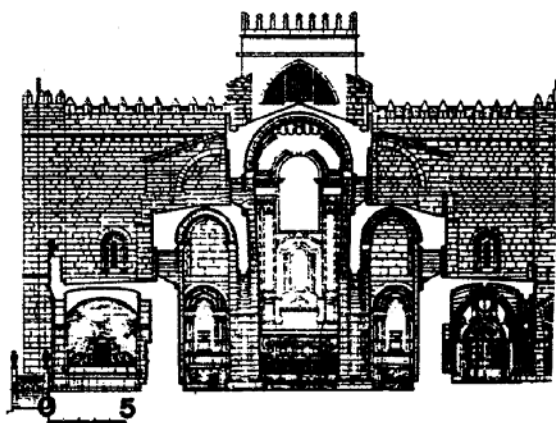
Igreja de S.Bento da Vitória, (nº 8)



Igreja de São Miguel Nevolgilde, (nº 9)

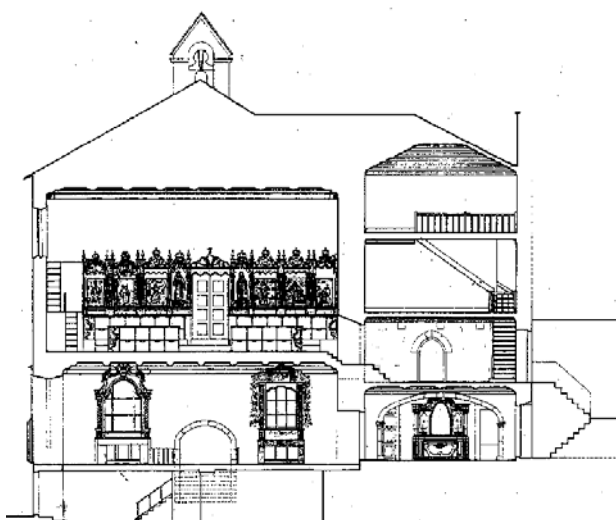
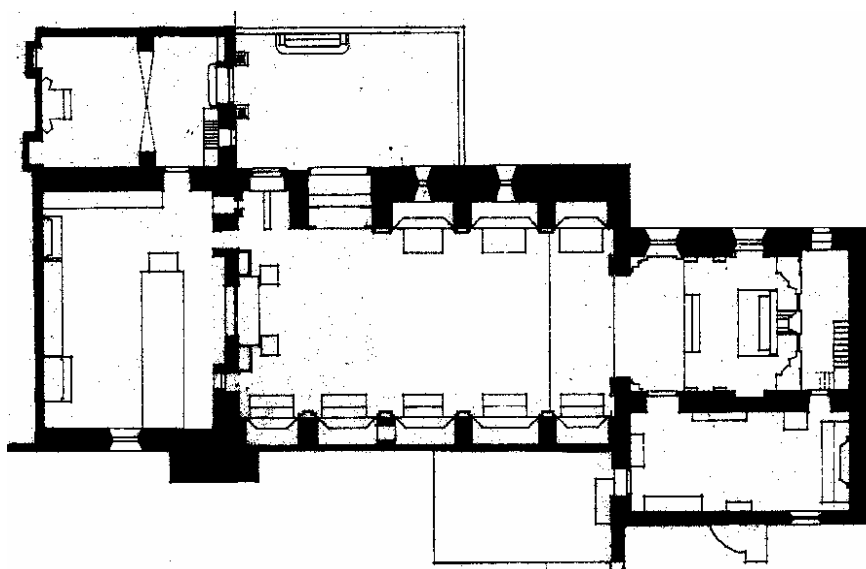


## Sé Catedral do Porto, (nº 10)

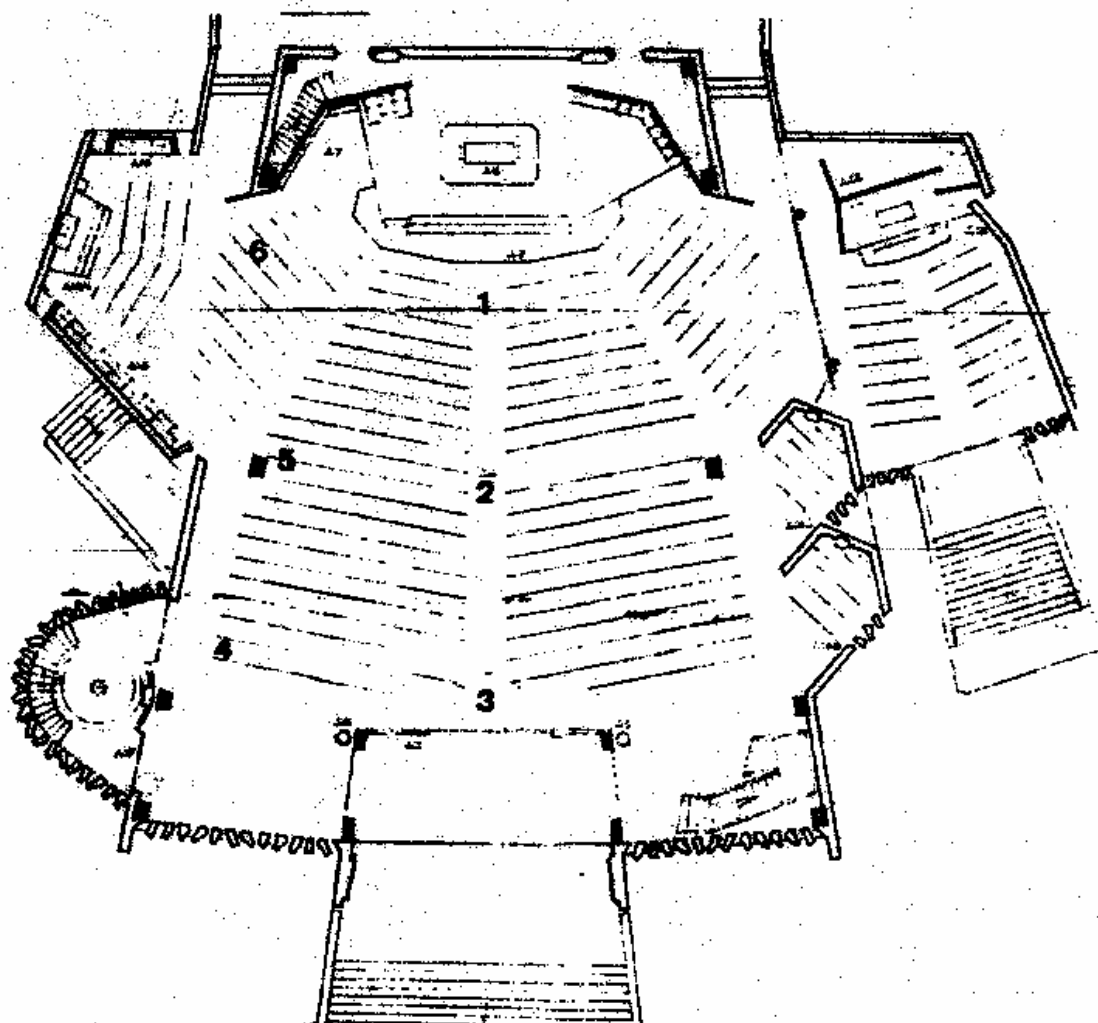
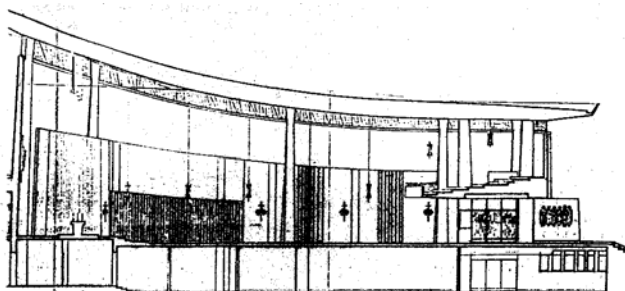




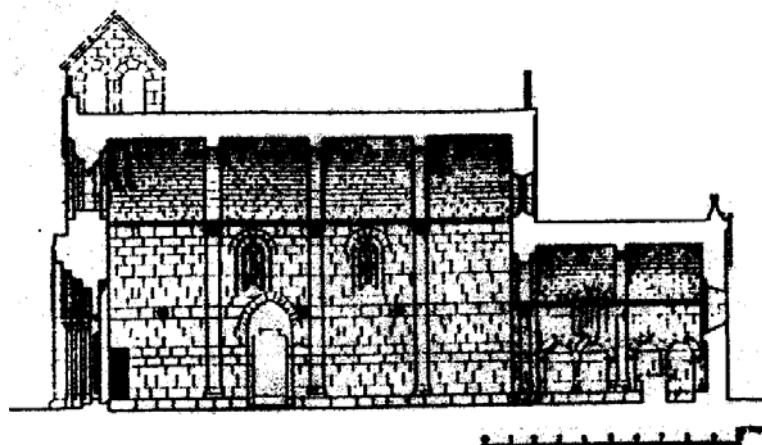
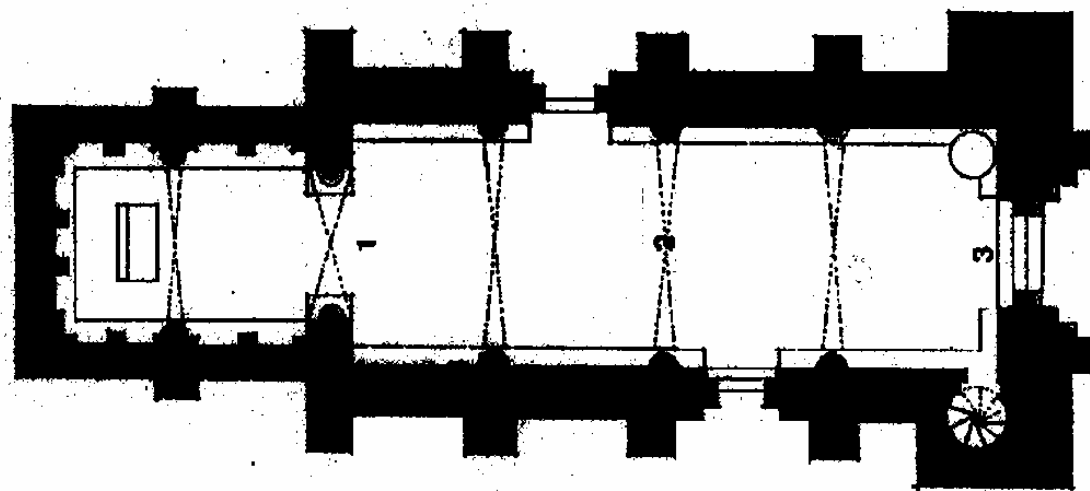
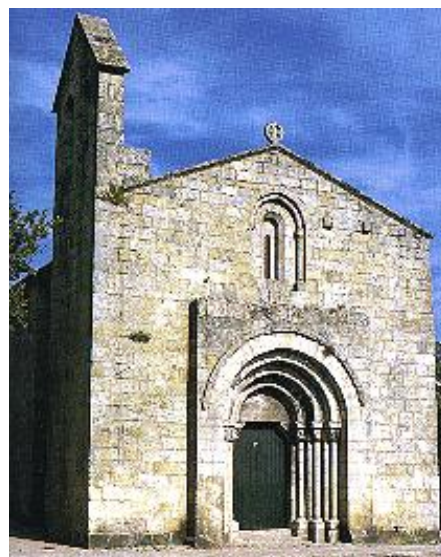
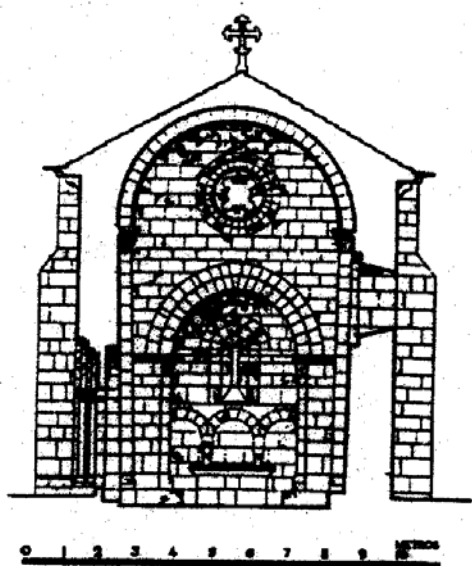
### Igreja de Santa Clara, (nº 11)



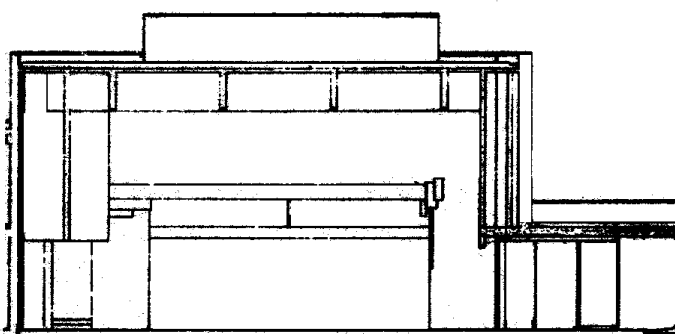
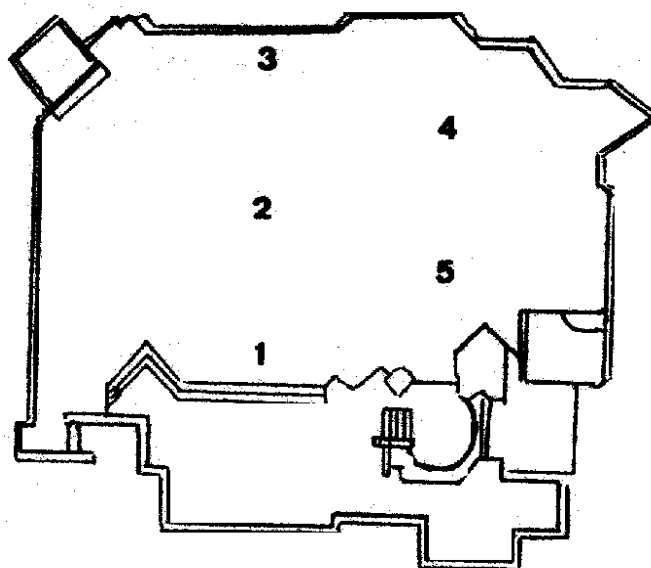
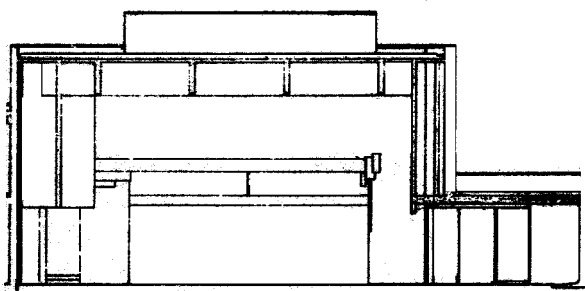
Igreja de Cedofeita (Nova), (nº 12)



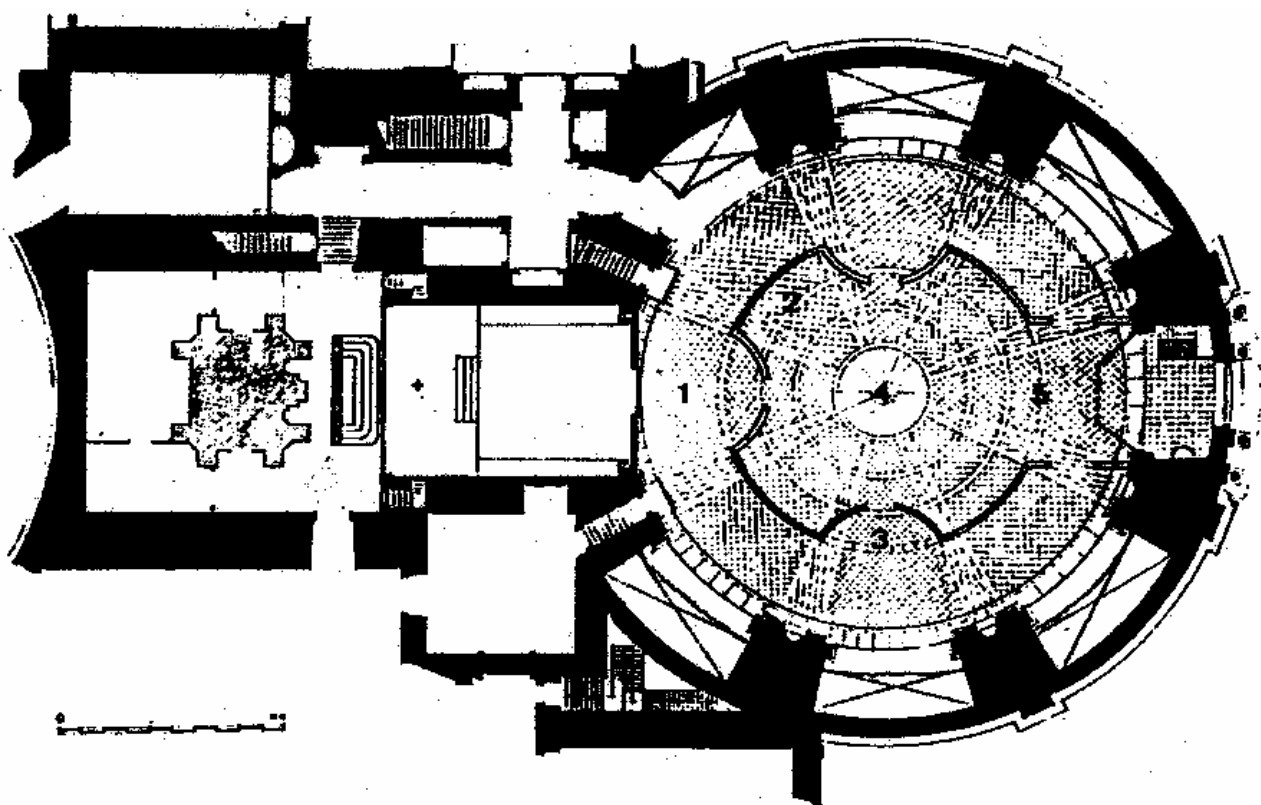
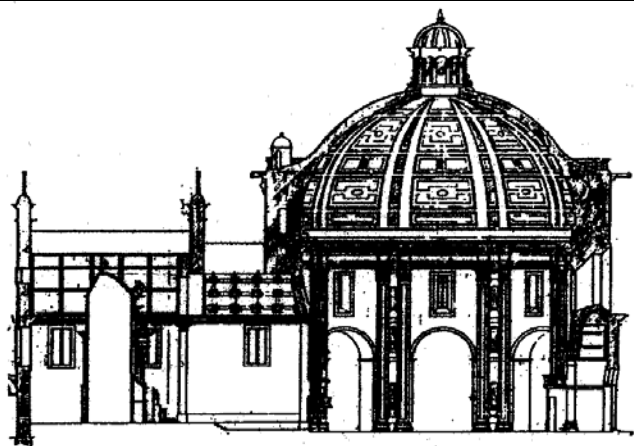
Igreja de São Martinho de Cedofeita, (nº 13)



### Igreja de Nossa Senhora da Boavista, (nº 14)

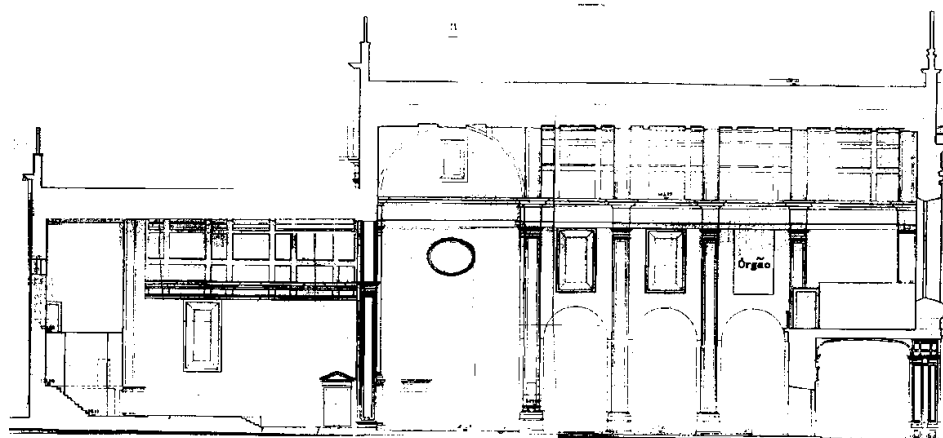
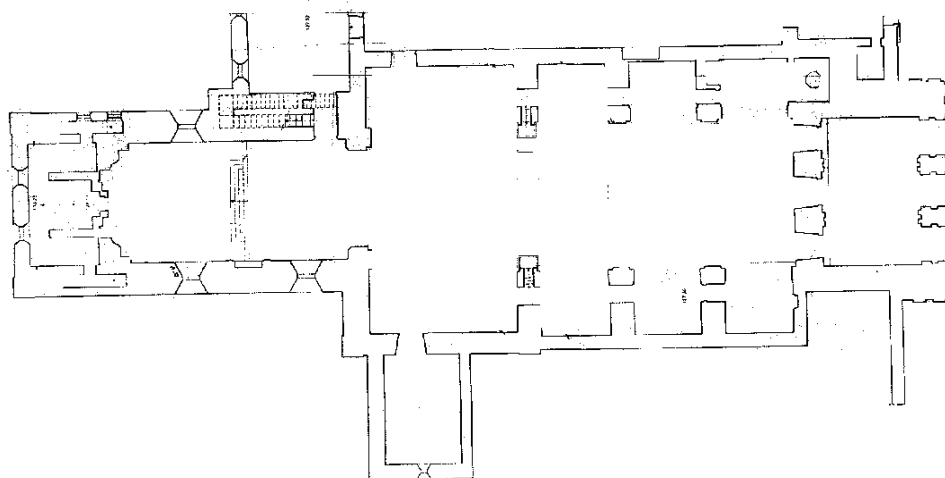


Igreja da Serra do Pilar, (nº 15)

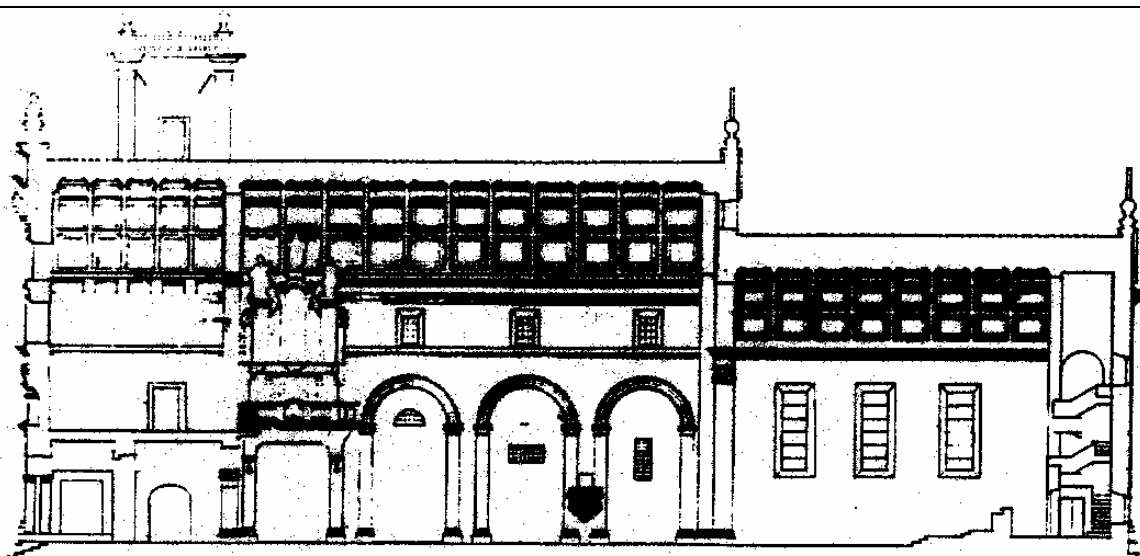
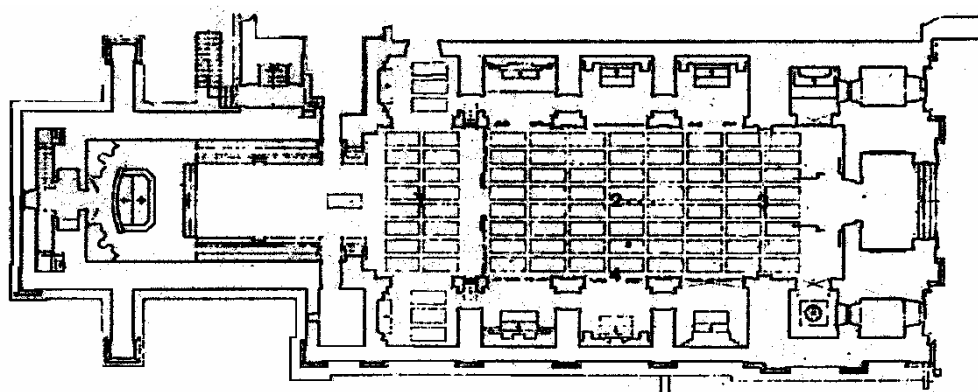




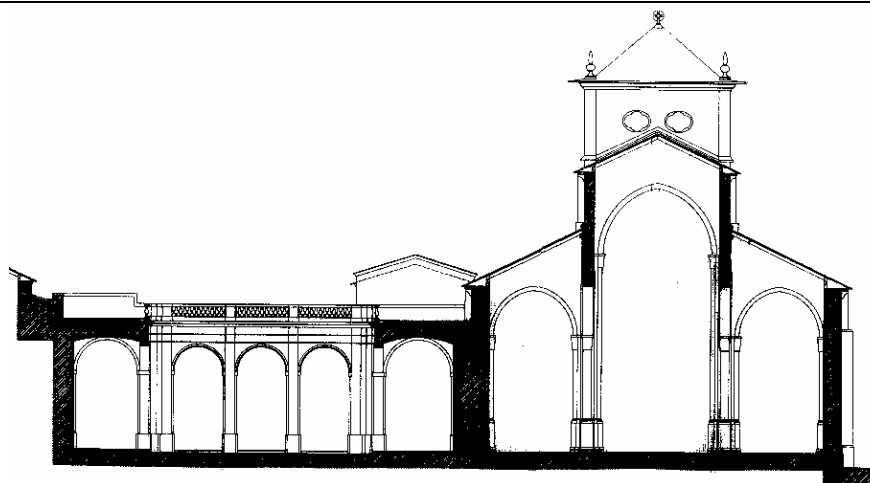
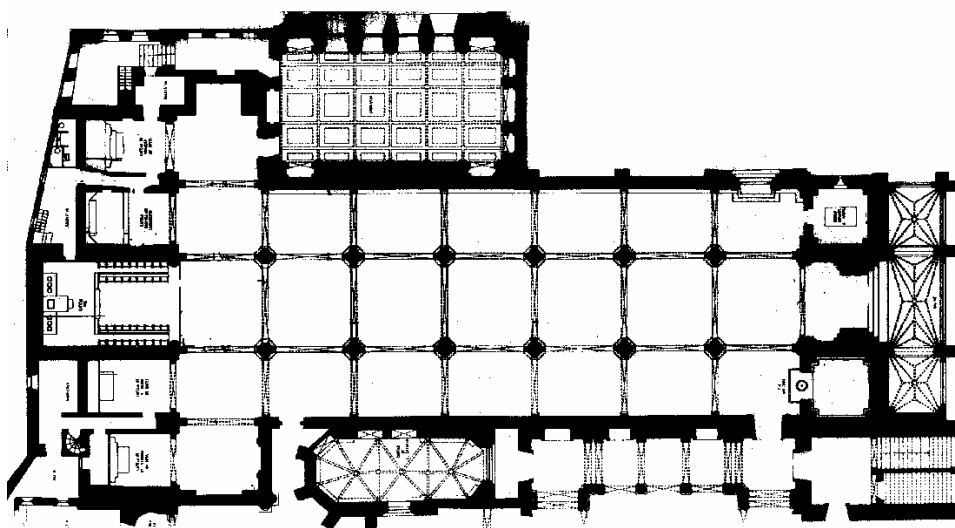
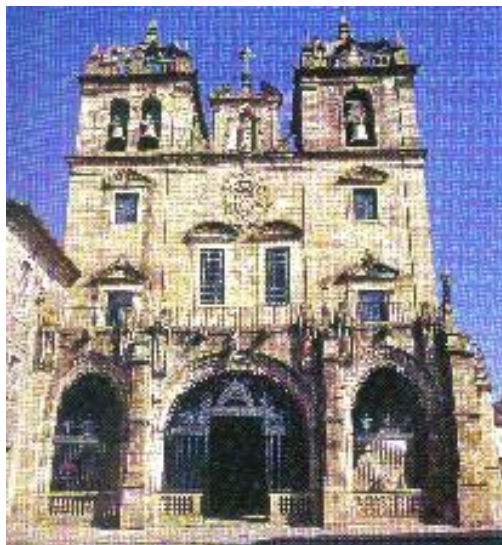
Igreja do Mosteiro de Grijó, (nº 16)



Igreja do Mosteiro de Tibães, (nº 17)

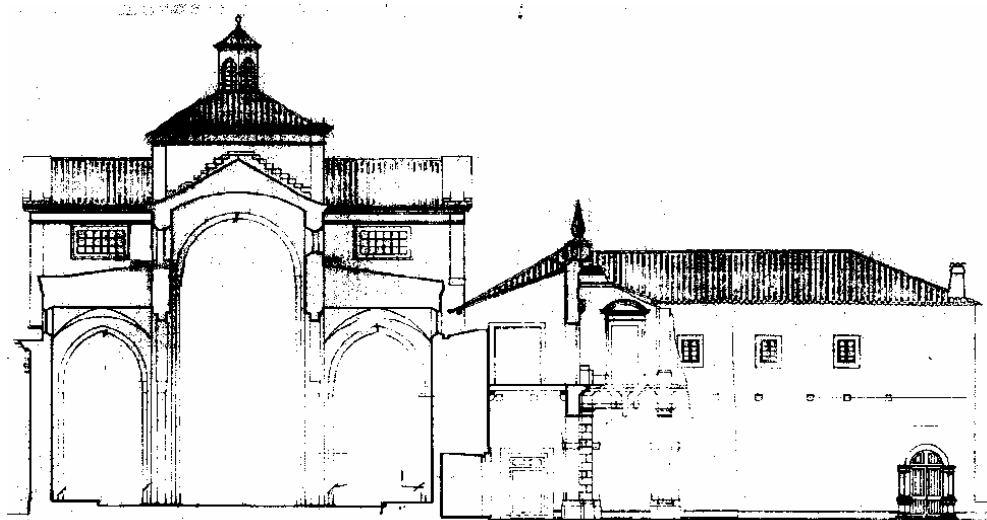
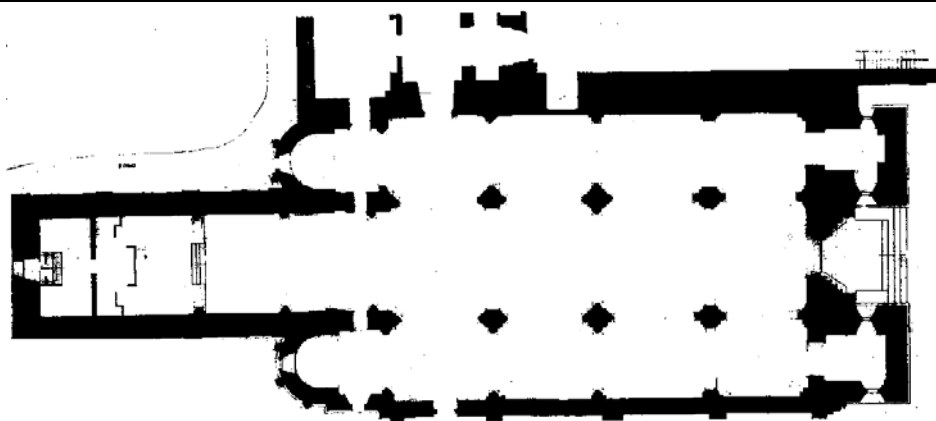


Sé de Braga, (n° 18)

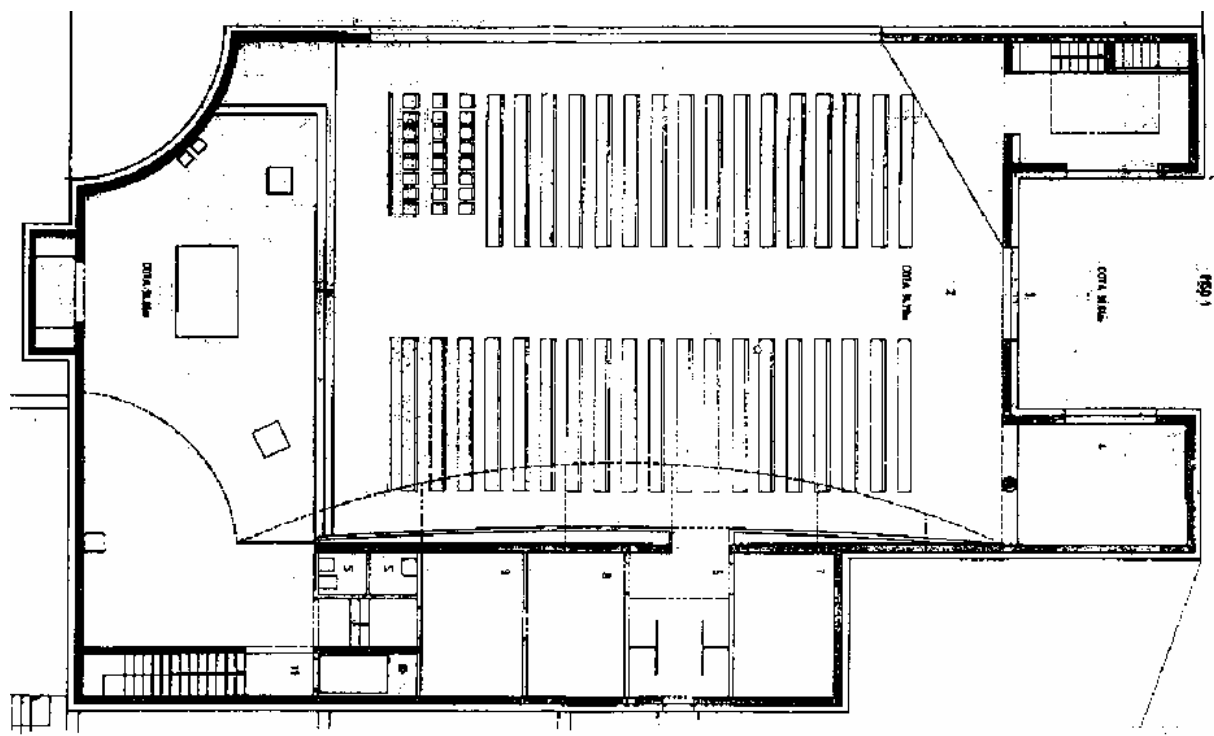
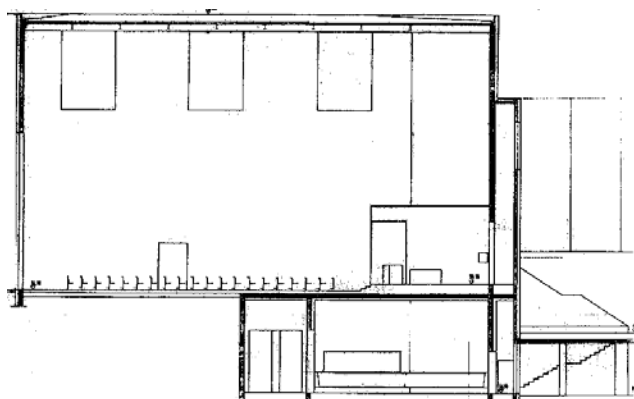




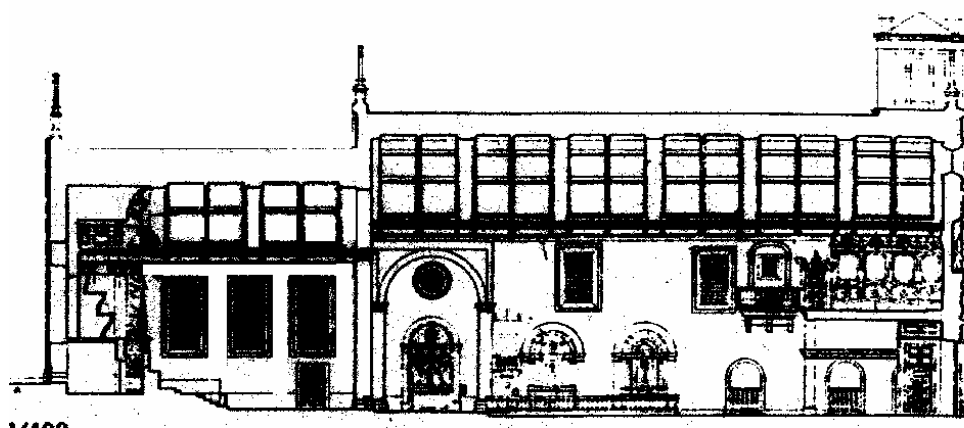
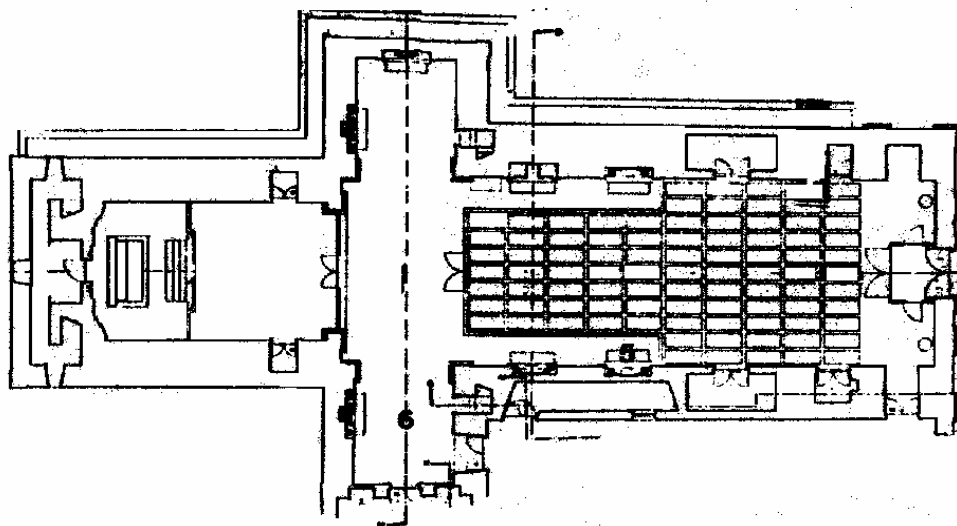
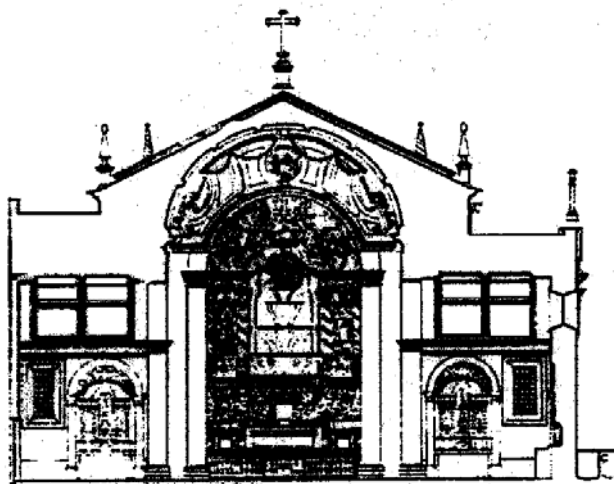
Igreja do Mosteiro de Pombeiro, (nº 19)



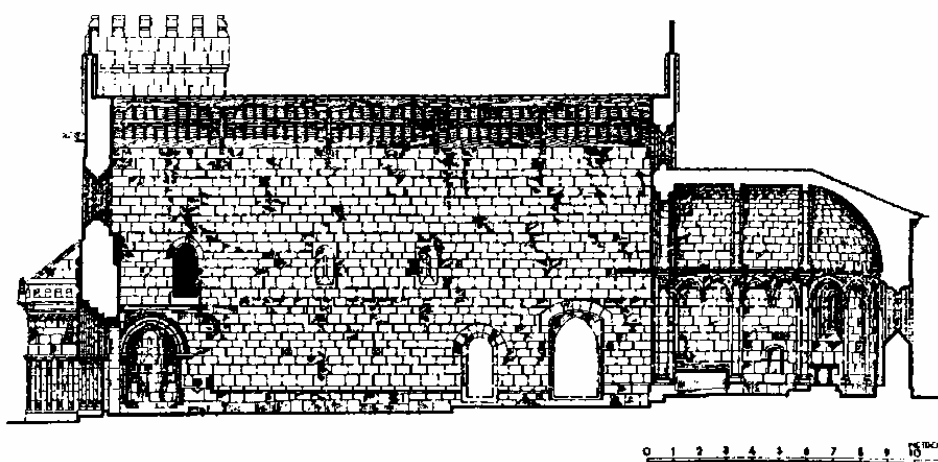
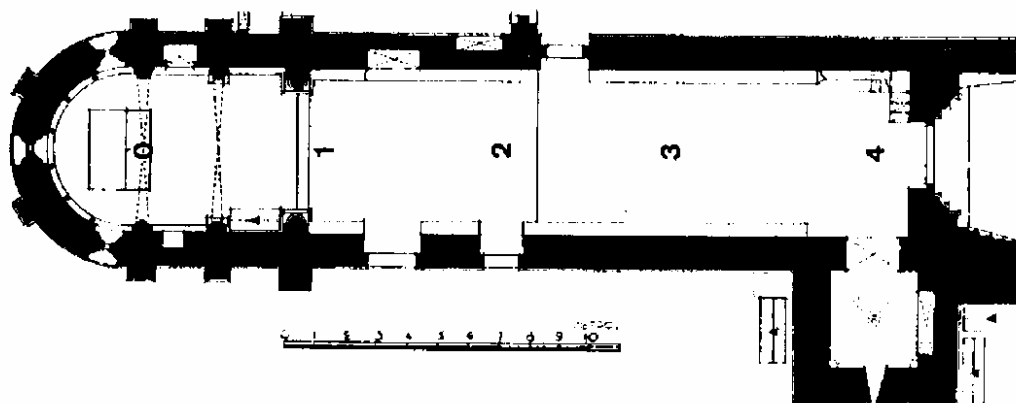
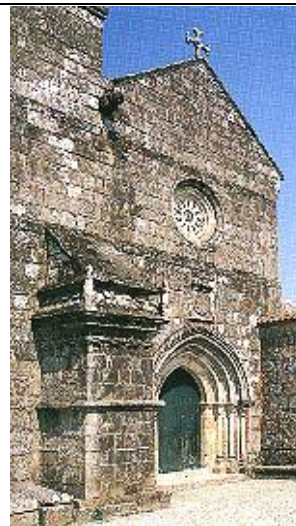
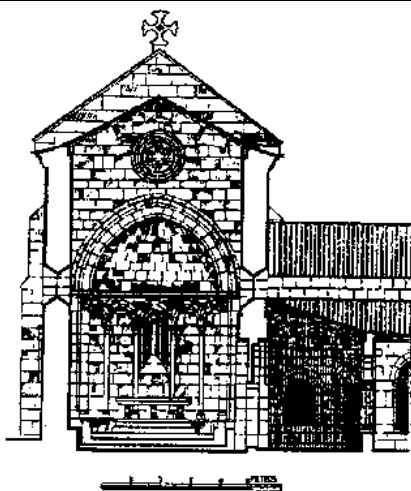
### Igreja do Marco de Canavezes, (nº 20)



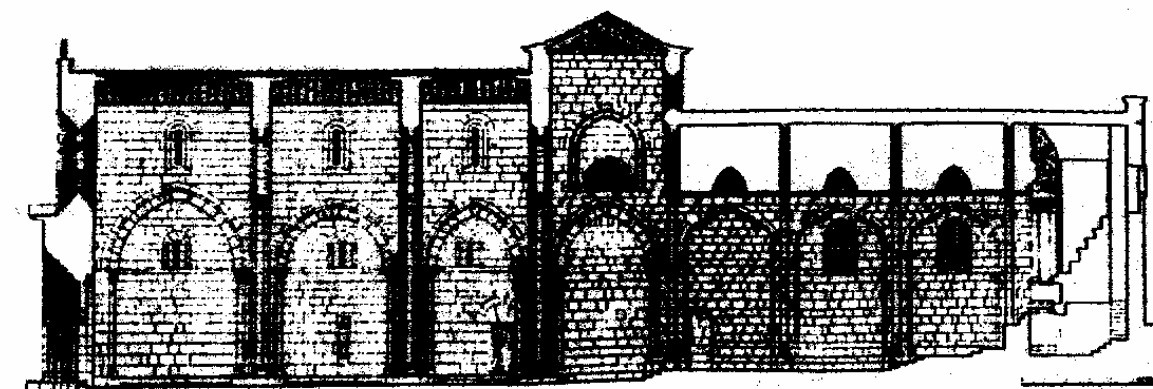
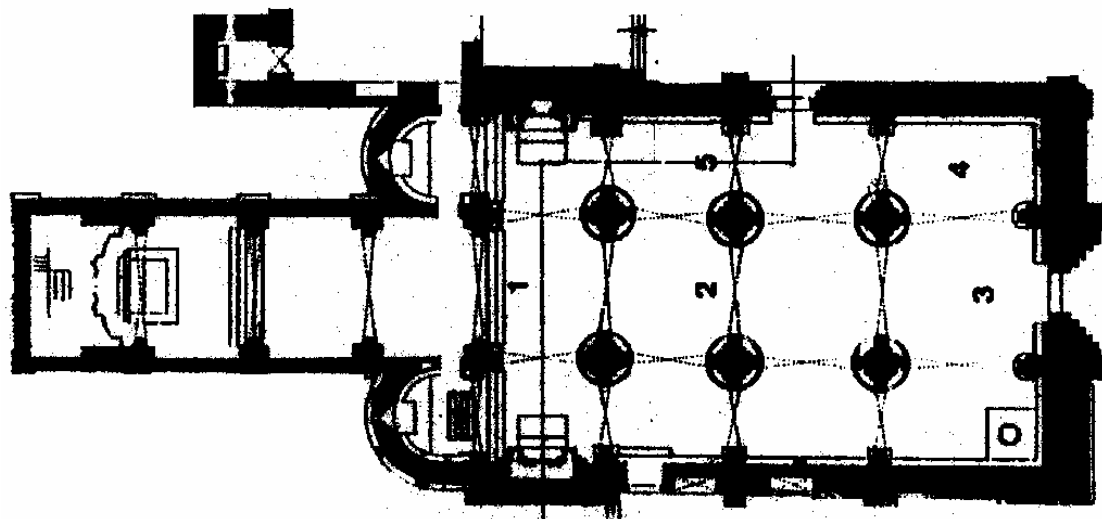
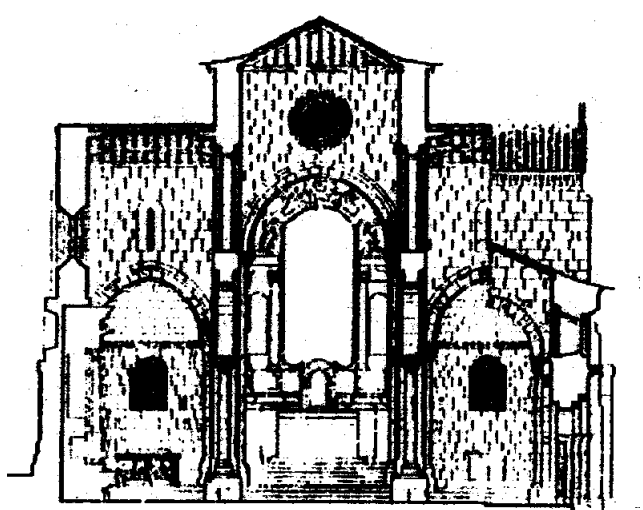
Igreja de Bustelo, (nº 21)



## Igreja de São Pedro de Cete, (nº 22)

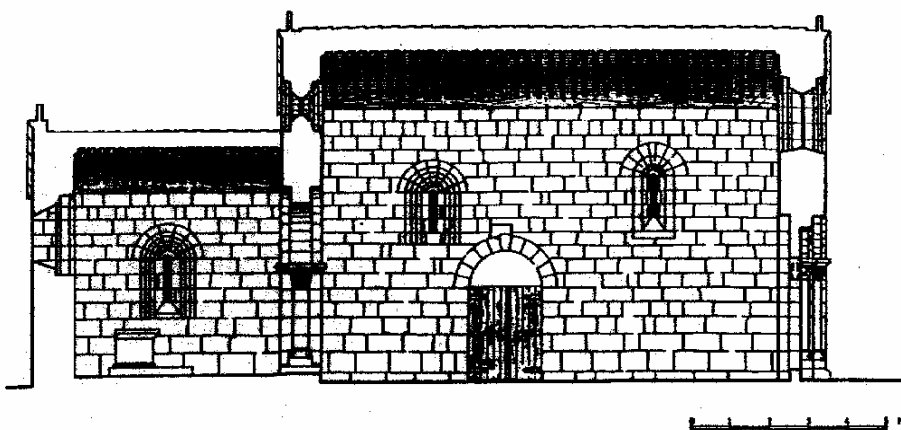
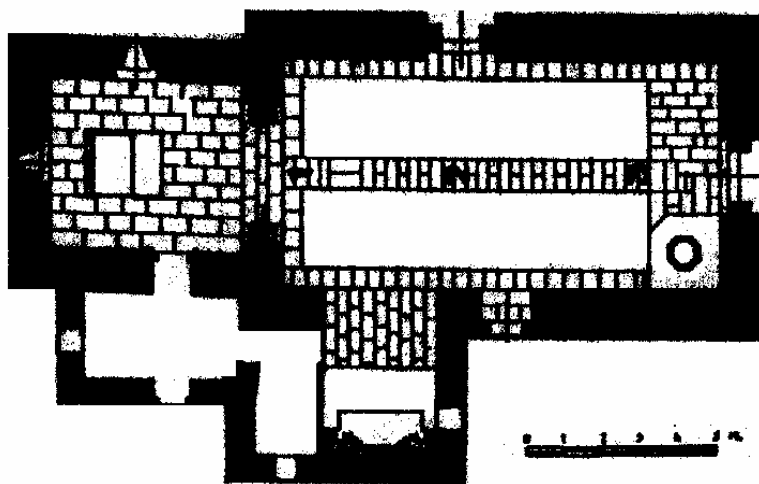
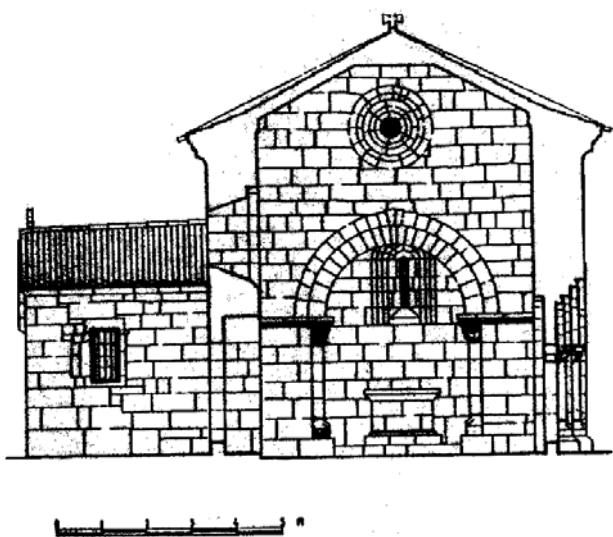


Igreja do Salvador de Paço de Sousa, (nº 23)

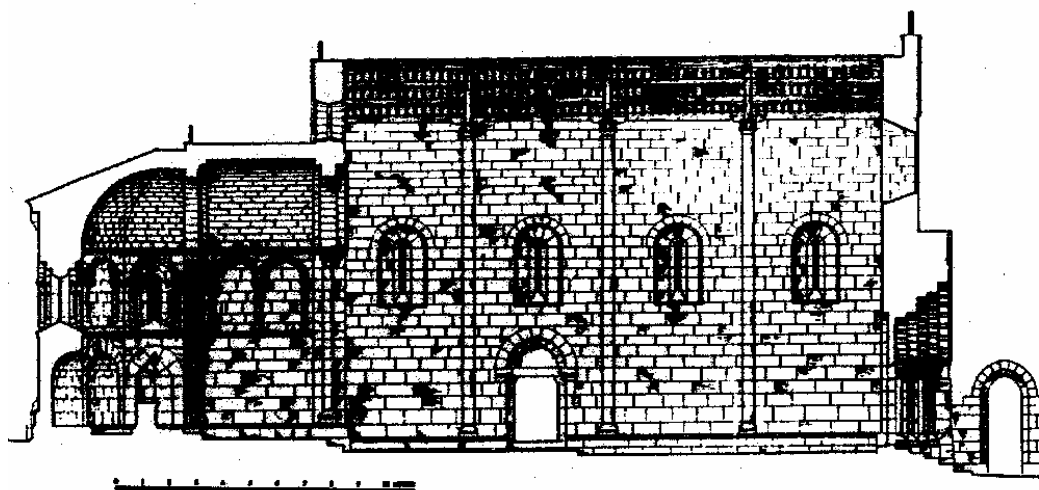
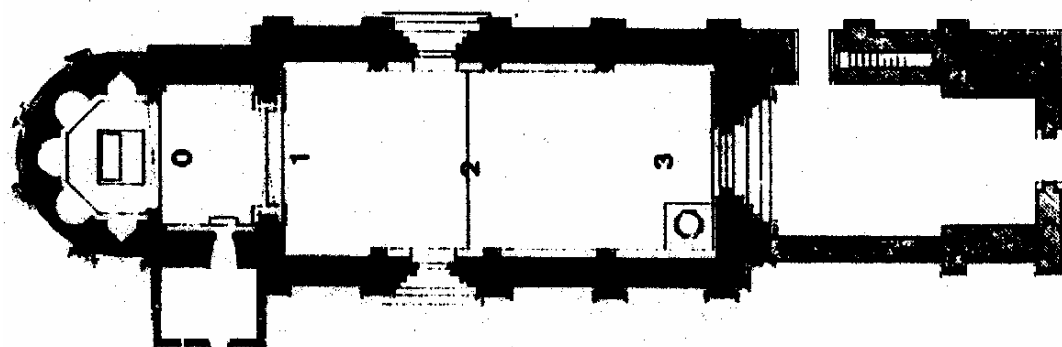
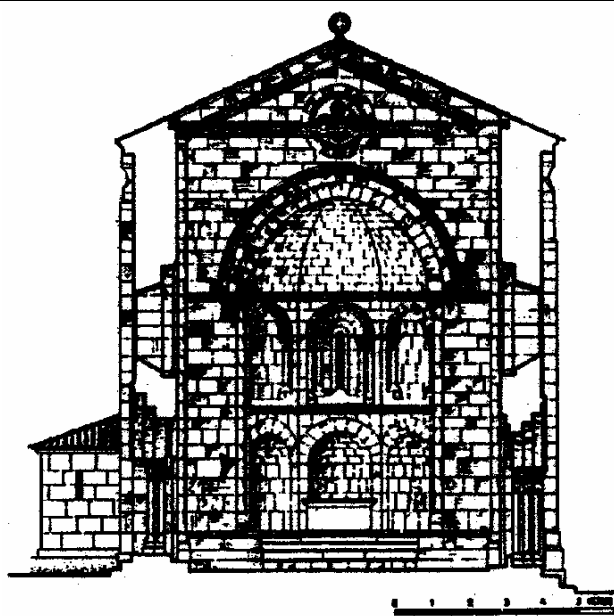




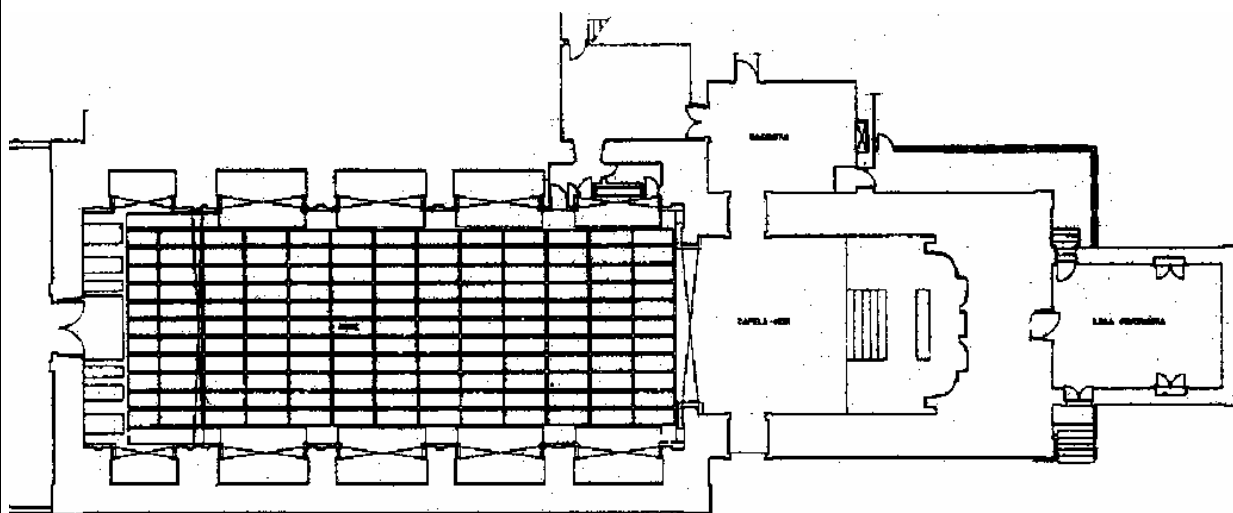
Igreja Paroquial de Cabeça Santa, (nº 24)



Igreja de São Pedro de Ferreira, (nº 25)

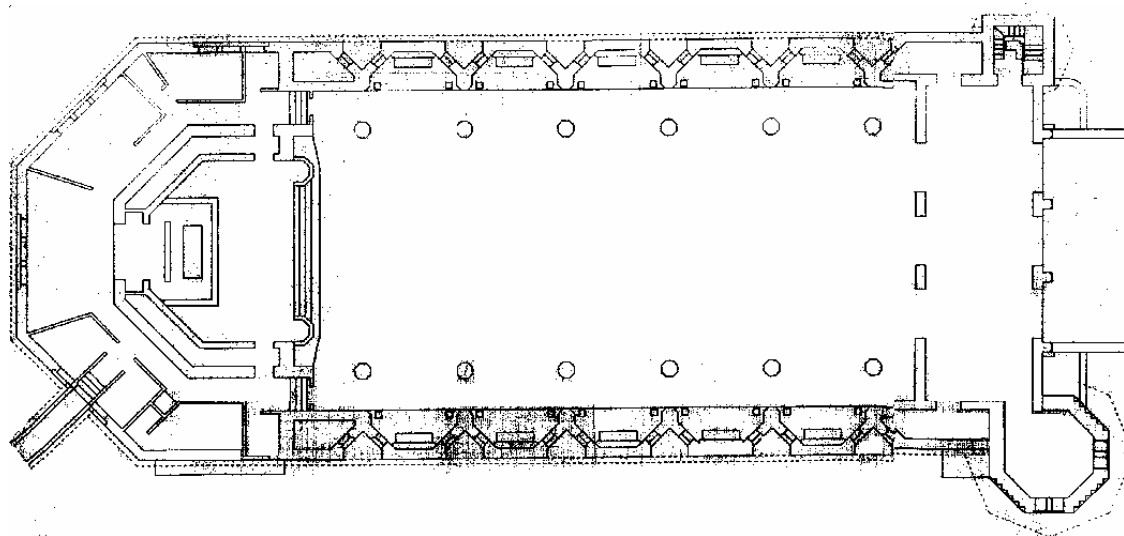
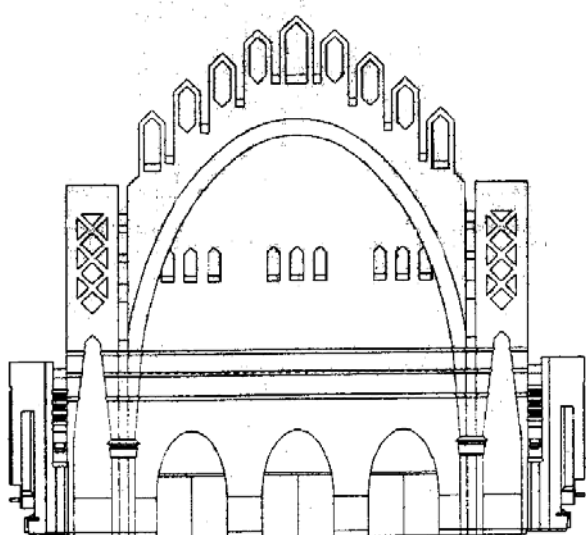


### Igreja de São João Baptista, (nº 26)

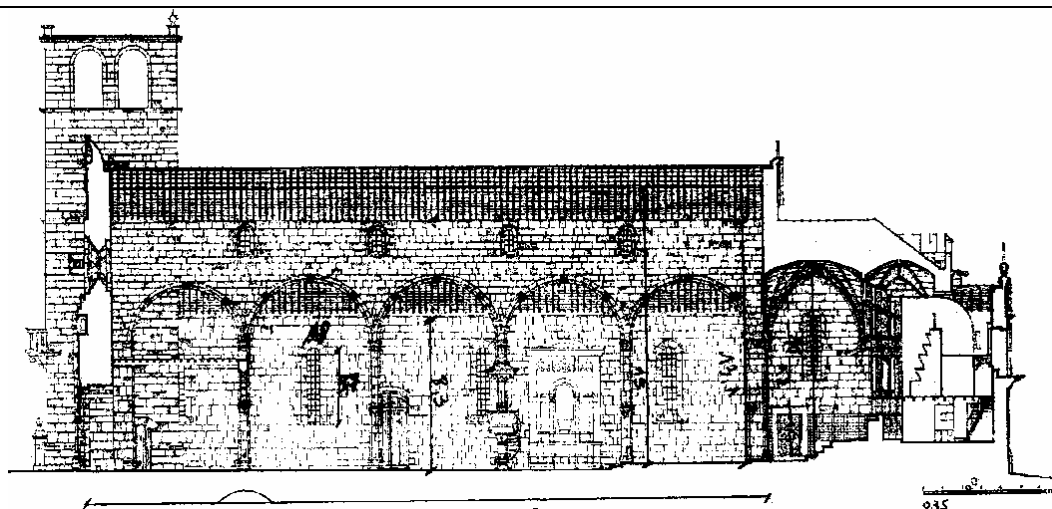
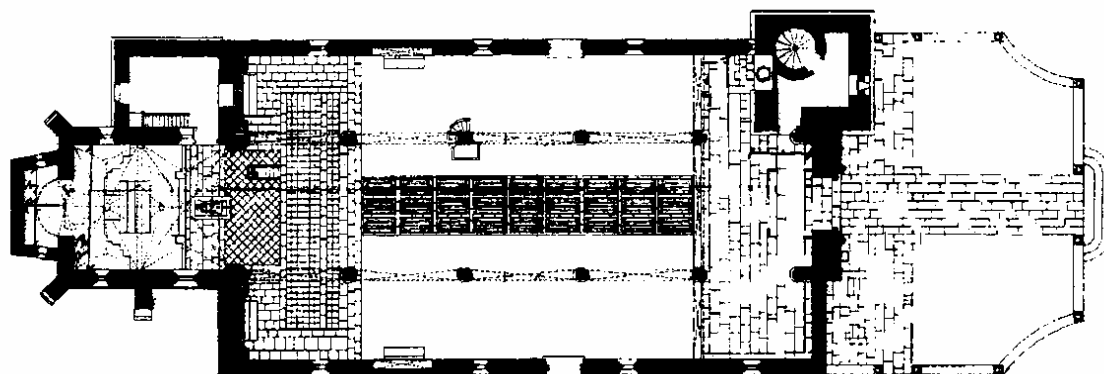
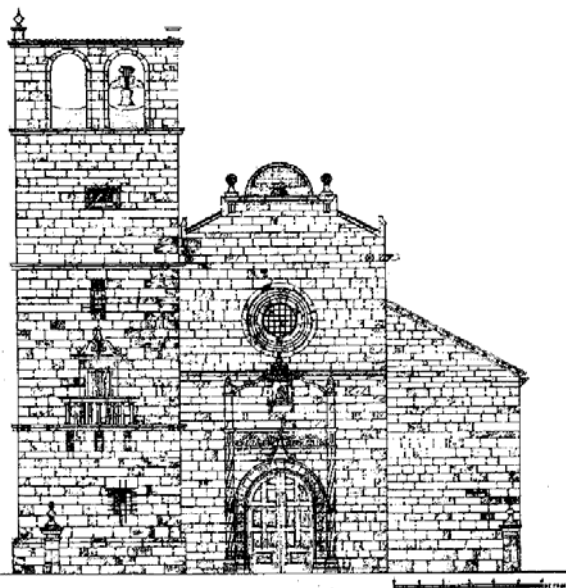




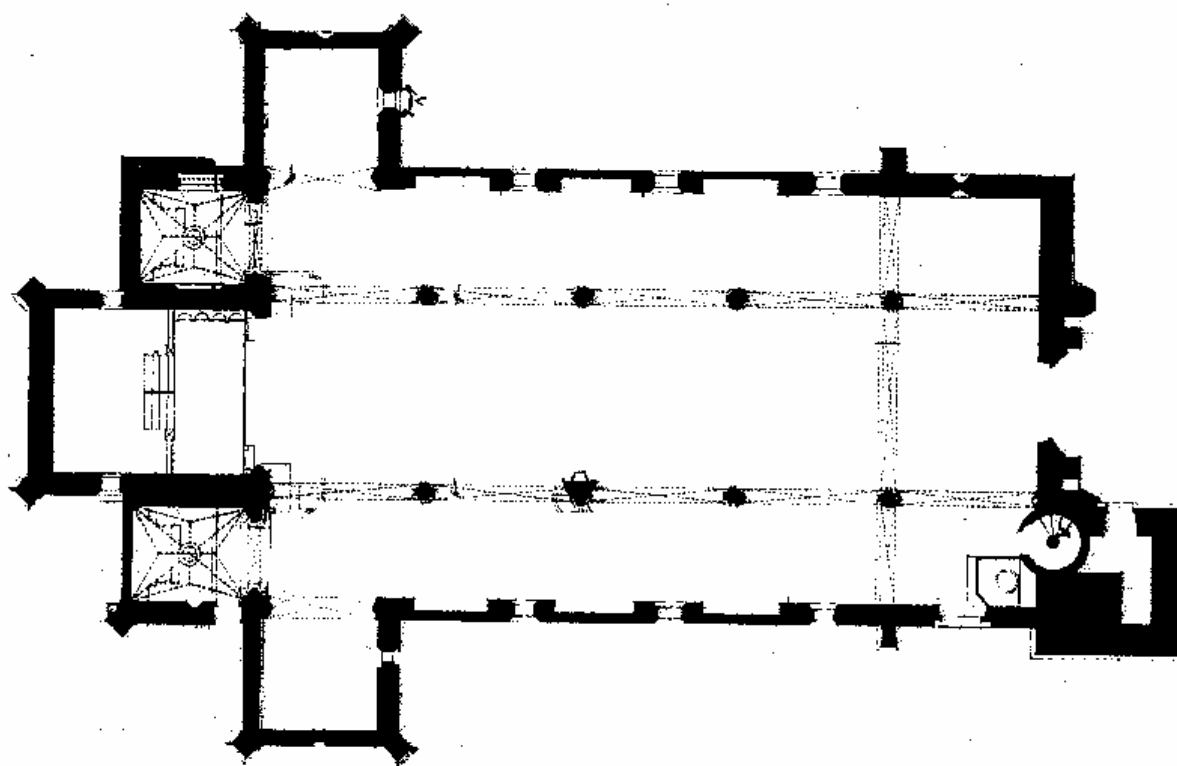
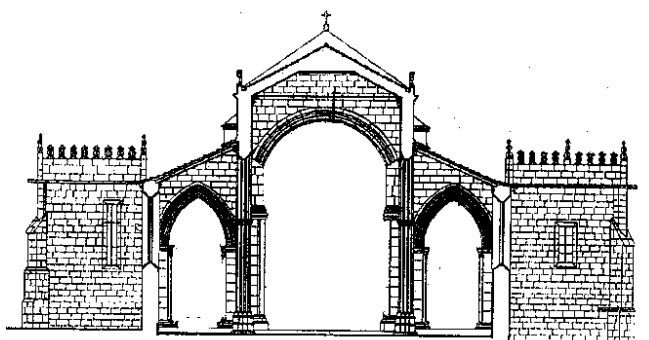
Igreja da Senhora da Conceição, (nº 27)



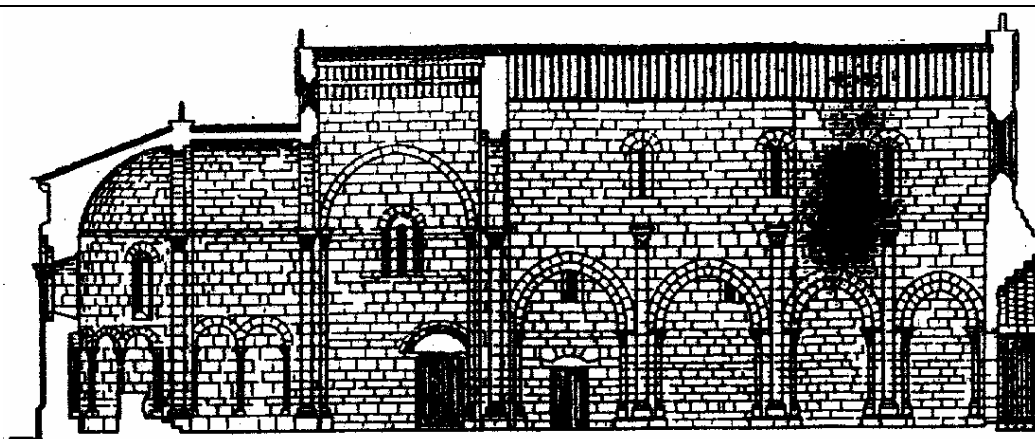
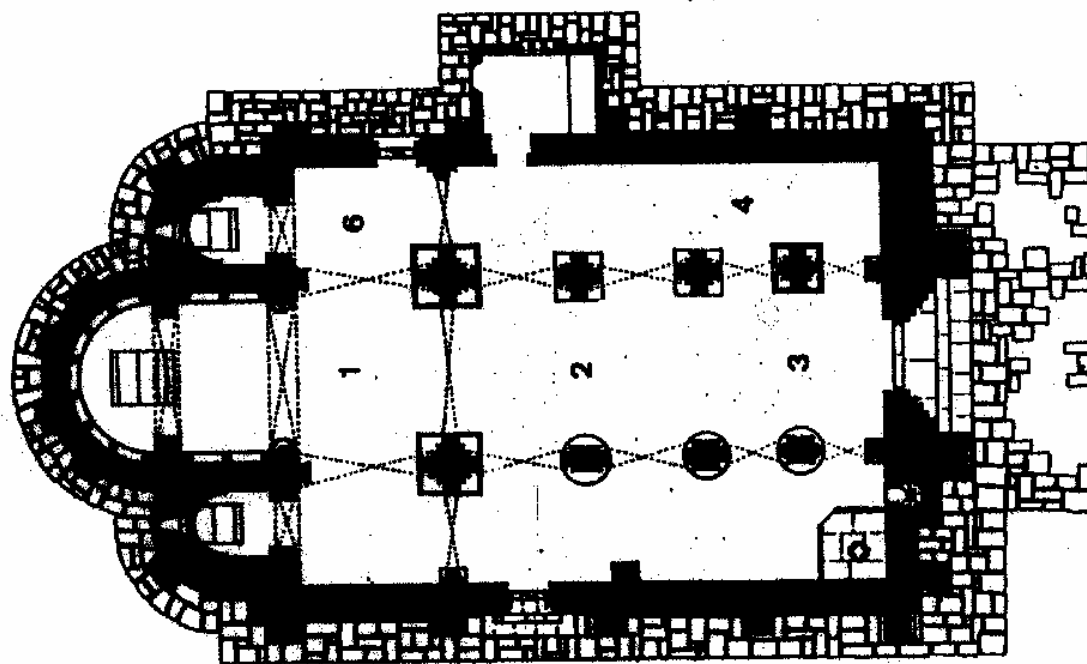
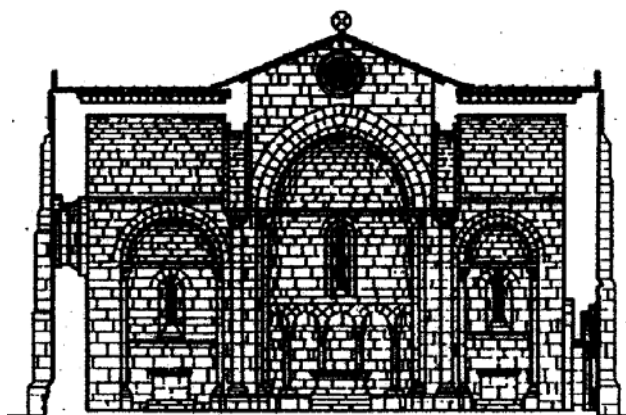
Igreja de Sta. Maria de Azurara, (nº 28)



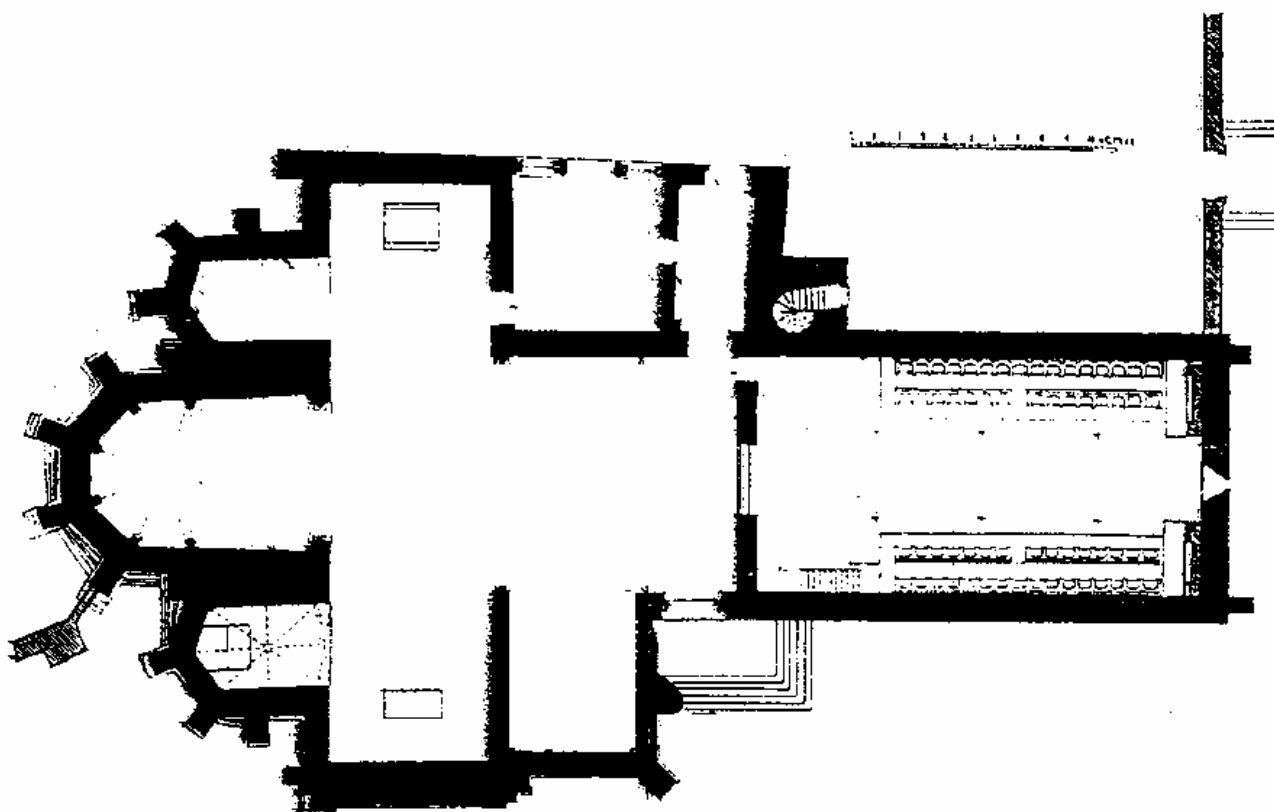
Igreja Matriz de Vila de Conde, (nº 29)



Igreja de S. Pedro de Rates, (nº 30)



Igreja de Santa Clara (Vila do Conde), (nº 31)







Numeração	Palavra	Numeração	Palavra	Numeração	Palavra
1	ai	46	pois	91	branco
2	aí	47	por	92	brincar
3	ar	48	pôr	93	buscar
4	até	49	qual	94	cabo
5	bem	50	quê	95	cada
6	bom	51	rua	96	café
7	cá	52	seis	97	cair
8	cem	53	sem	98	caixa
9	coisa	54	era	99	calhar
10	com	55	seu	100	cama
11	cor	56	si	101	campo
12	creio	57	sim	102	cantar
13	dar	58	só	103	capaz
14	de	59	tal	104	carne
15	Deus	60	tão	105	caro
16	dez	61	ter	106	carro
17	dia	62	trás	107	carta
18	dois	63	três	108	casa
19	ele	64	tu	109	casar
20	eu	65	ver	110	caso
21	fim	66	vezes	111	causa
22	ir	67	vir	112	cento
23	já	68	abrir	113	centro
24	lá	69	acho	114	certa
25	ler	70	além	115	chamar
26	mãe	71	algum	116	chefe
27	mais	72	ali	117	chegar
28	mal	73	alto	118	cheio
29	mão	74	andar	119	cima
30	mar	75	anos	120	cinco
31	mas	76	antes	121	claro
32	mau	77	aqui	122	classe
33	meses	78	arte	123	clube
34	meu	79	assim	124	comer
35	mil	80	atrás	125	comprar
36	mim	81	aulas	126	contar
37	não	82	baile	127	contos
38	nem	83	baixo	128	contra
39	nós	84	baixo	129	correr
40	ora	85	banco	130	corta
41	ou	86	banho	131	criar
42	pá	87	barco	132	curso
43	pai	88	base	133	custar
44	pão	89	bater	134	deitar
45	pé	90	beber	135	deixar

Numeração	Palavra	Numeração	Palavra	Numeração	Palavra
136	dentro	180	gostar	224	mesmo
137	depois	181	gosto	225	meter
138	desde	182	grande	226	metros
139	dever	183	grupo	227	mexer
140	dizer	184	haver	228	minha
141	dormir	185	hoje	229	moça
142	doutor	186	homem	230	modo
143	doze	187	horas	231	morar
144	duas	188	hotel	232	morrer
145	enfim	189	igual	233	mostrar
146	então	190	inglês	234	mudar
147	entrar	191	irmão	235	muito
148	entre	192	isso	236	mulher
149	erro	193	isto	237	mundo
150	esse	194	jogos	238	nada
151	esta	195	jornal	239	nascer
152	estar	196	julgar	240	ninguém
153	este	197	juntar	241	nível
154	fácil	198	lado	242	noite
155	facto	199	lavar	243	nome
156	falar	200	lembrar	244	normal
157	falta	201	levar	245	nosso
158	faltar	202	liceu	246	notar
159	fazer	203	ligar	247	nove
160	fechar	204	limpar	248	novo
161	feira	205	lindo	249	nunca
162	festa	206	linha	250	obra
163	ficar	207	livre	251	oito
164	filho	208	livros	252	olhe
165	filme	209	logo	253	ontem
166	fora	210	longe	254	onze
167	força	211	lugar	255	ordem
168	forma	212	maior	256	outro
169	formar	213	malta	257	ouvir
170	francês	214	mandar	258	padre
171	frente	215	manhã	259	pagar
172	fugir	216	manter	260	país
173	fundo	217	massa	261	papel
174	gajo	218	matar	262	para
175	ganhar	219	medo	263	parar
176	gastar	220	meio	264	parte
177	gente	221	melhor	265	partir
178	geral	222	menos	266	passar
179	giro	223	mesa	267	patrão



Numeração	Palavra	Numeração	Palavra	Numeração	Palavra
268	peça	312	sentir	356	vista
269	pedir	313	sequer	357	viver
270	pedra	314	serra	358	você
271	pegar	315	servir	359	volta
272	peixe	316	sete	360	voltar
273	pena	317	simples	361	zona
274	pensar	318	sobre	362	acabar
275	perder	319	sua	363	acaso
276	perto	320	subir	364	aceitar
277	pesca	321	supor	365	adaptar
278	pescar	322	surgir	366	agarra
279	pintar	323	talvez	367	agora
280	pior	324	também	368	água
281	pode	325	tanto	369	ainda
282	ponto	326	tarde	370	ajudar
283	porquê	327	tempo	371	aldeia
284	pouco	328	tentar	372	alguma
285	povo	329	térmos	373	aliás
286	praça	330	terra	374	almoço
287	praia	331	tia	375	altura
288	preço	332	tipo	376	alunos
289	pronto	333	tirar	377	amanhã
290	puxar	334	tocar	378	amigos
291	quadro	335	toda	379	antigo
292	qualquer	336	todos	380	apanhar
293	quanto	337	tomar	381	apenas
294	quarto	338	tornar	382	aprender
295	quase	339	tratar	383	aquela
296	quatro	340	trazer	384	arranjar
297	querer	341	trinta	385	aspecto
298	questão	342	tropa	386	assunto
299	quinze	343	tudo	387	atender
300	rapaz	344	usar	388	barato
301	razão	345	valer	389	bastante
302	resto	346	velho	390	batata
303	roupa	347	prato	391	bocado
304	saber	348	vender	392	bonito
305	sair	349	vento	393	cabeça
306	sala	350	verão	394	câmara
307	santo	351	vestir	395	certeza
308	secção	352	vida	396	cidade
309	seguir	353	vila	397	cinema
310	sempre	354	vinho	398	cliente
311	senhor	355	vinte	399	coitado

Numeração	Palavra	Numeração	Palavra	Numeração	Palavra
400	colegas	444	escrever	488	número
401	comboio	445	escudos	489	obrigar
402	começar	446	espanhol	490	palavra
403	comigo	447	espécie	491	parecer
404	condições	448	espera	492	passado
405	conforme	449	esperar	493	pequeno
406	conhecer	450	esquecer	494	perceber
407	conjunto	451	estação	495	perguntar
408	conseguir	452	estado	496	pessoal
409	construção	453	estrada	497	pessoas
410	contacto	454	estudar	498	portanto
411	conversa	455	estudo	499	português
412	conversar	456	exame	500	possível
413	costumar	457	exemplo	501	precisar
414	cozinha	458	existir	502	preciso
415	crianças	459	explicar	503	preferir
416	cultura	460	fábrica	504	primeiro
417	dedicar	461	férias	505	problema
418	depende	462	futebol	506	procurar
419	desenho	463	género	507	produto
420	desporto	464	horrível	508	professor
421	dezoito	465	hospital	509	profissão
422	difícil	466	idade	510	próprio
423	dinheiro	467	ideia	511	quarenta
424	direito	468	igreja	512	quinhentos
425	doença	469	imenso	513	receber
426	doente	470	importar	514	região
427	domingo	471	impressão	515	relação
428	durante	472	inverno	516	reparar
429	dúvida	473	levantar	517	resolver
430	duzentos	474	língua	518	respeito
431	embora	475	maneira	519	sapatos
432	emprego	476	máquina	520	seguinte
433	empresa	477	marido	521	segundo
434	encontrar	478	médico	522	semana
435	enorme	479	medida	523	sentido
436	enquanto	480	menina	524	série
437	ensinar	481	mercado	525	sério
438	ensino	482	miúdos	526	serviço
439	entender	483	moderno	527	sessenta
440	entrada	484	momento	528	setenta
441	época	485	música	529	sítio
442	escola	486	natural	530	social
443	escolher	487	nenhuma	531	sozinho

Numeração	Palavra	Numeração	Palavra
532	teatro	576	impossível
533	técnico	577	indústria
534	terceiro	578	interessar
535	terreno	579	interesse
536	trabalhar	580	material
537	trabalho	581	movimento
538	transporte	582	nacional
539	turismo	583	oferecer
540	último	584	opinião
541	único	585	ordenado
542	várias	586	organizar
543	verdade	587	particular
544	vontade	588	pequenino
545	acompanhar	589	período
546	acontecer	590	princípio
547	ambiente	591	qualidade
548	aparecer	592	quilómetros
549	apresentar	593	raparigas
550	aproveitar	594	realmente
551	atrasado	595	situação
552	bocadinho	596	sobretudo
553	cinquenta	597	televisão
554	colégio	598	trabalhador
555	comercial	599	utilizar
556	comércio	600	verificar
557	companhia		
558	compreender		
559	considerar		
560	continuar		
561	contrário		
562	convencido		
563	diferença		
564	diferente		
565	educação		
566	empregado		
567	engraçado		
568	entretanto		
569	escritório		
570	especial		
571	estudante		
572	família		
573	geralmente		
574	história		
575	importante		



Nº	Palavra	Nº	Palavra
1	raos	47	pelcone
2	aila	48	penos
3	astur	49	pidor
4	asu	50	pinfer
5	buca	51	pirfo
6	cafis	52	poas
7	chilar	53	precís
8	cimpar	54	prenfa
9	cionar	55	prugas
10	cirlo	56	quine
11	cirta	57	quina
12	conci	58	quinter
13	coupo	59	resfe
14	deor	60	ruita
15	dicos	61	runos
16	dilvas	62	sinha
17	dinda	63	sumplos
18	dola	64	trauto
19	dolxo	65	ungri
20	dontri	66	venco
21	dotos	67	versa
22	dufi	68	vichar
23	eno	69	zaqui
24	entril	70	zonha
25	etis	71	zugar
26	fentão	72	adua
27	fumal	73	apriso
28	grola	74	azinte
29	gurla	75	avumes
30	inta	76	difure
31	jempa	77	dupida
32	lecos	78	enfilo
33	fémes	79	exóme
34	ligor	80	gioco
35	milma	81	indimos
36	miter	82	ipiar
37	mivo	83	primpa
38	múidos	84	qualome
39	mume	85	rércio
40	muna	86	rotafa
41	nias	87	roveite
42	nirma	88	runstria
43	nolve	89	tacata
44	nussi	90	terise
45	oila	91	volmaço
46	ontos	92	vuria

**Anexo D**

---

**Trinta e uma listas de palavras utilizadas nos testes**

LISTA 1				LISTA 2			
1	altura	43	comercial	1	meses	43	pesca
2	entre	44	ou	2	acho	44	maior
3	por	45	ganhar	3	ordenado	45	entrar
4	querer	46	sala	4	<b>quinter</b>	46	escrever
5	rotafa	47	nosso	5	filme	47	água
6	brincar	48	chefe	6	custar	48	bastante
7	vezes	49	procurar	7	chefe	49	aquela
8	coitado	50	cheio	8	nível	50	adaptar
9	menina	51	trinta	9	televisão	51	pintar
10	interesse	52	facto	10	indústria	52	três
11	esta	53	sete	11	vinde	53	barato
12	ele	54	bem	12	por	54	maneira
13	servir	55	trabalho	13	batata	55	médico
14	depende	56	sobretudo	14	brincar	56	tropa
15	pessoal	57	tempo	15	enorme	57	educação
16	escritório	58	morar	16	seu	58	próprio
17	organizar	59	comboio	17	lindo	59	meio
18	espanhol	60	oito	18	fazer	60	arranjar
19	você	61	dever	19	seguir	61	bater
20	conjunto	62	impossível	20	qual	62	ter
21	fazer	63	assunto	21	mão	63	cair
22	haver	64	menos	22	mau	64	metros
23	banho	65	eno	23	serviço	65	ora
24	passar	66	ai	24	imenso	66	cada
25	pinfer	67	possível	25	língua	67	livre
26	agora	68	ar	26	precisar	68	<b>cimpar</b>
27	sentido	69	água	27	<b>gioco</b>	69	lá
28	notar	70	teatro	28	resto	70	utilizar
29	série	71	comigo	29	social	71	falar
30	emprego	72	mal	30	cama	72	pedir
31	preferir	73	tanto	31	gajo	73	ainda
32	jogos	74	francês	32	cinco	74	acaso
33	tu	75	sua	33	trabalho	75	quarto
34	indústria	76	fim	34	sempre	76	até
35	si	77	longe	35	história	77	obra
36	explicar	78	sequer	36	apenas	78	mercado
37	muito	79	aspecto	37	ligar	79	tarde
38	mudar	80	estudar	38	partir	80	difícil
39	beber	81	existir	39	senhor	81	cinema
40	tropa	82	natural	40	cinquenta	82	número
41	dizer	83	secção	41	causa	83	mesmo
42	subir			42	pouco		

LISTA 3				LISTA 4			
1	quilómetros	43	vila	1	nosso	43	isso
2	mal	44	lá	2	importar	44	fazer
3	deor	45	escola	3	precisar	45	por
4	fora	46	qual	4	<b>dufi</b>	46	mil
5	este	47	esse	5	com	47	dinheiro
6	ordenado	48	mau	6	bater	48	existir
7	feira	49	esta	7	social	49	bastante
8	dois	50	depende	8	mesmo	50	bocadinho
9	comboio	51	roupa	9	maneira	51	pé
10	médico	52	tão	10	cada	52	fugir
11	amigos	53	ir	11	sobre	53	carro
12	entrar	54	importante	12	dever	54	máquina
13	educação	55	dedicar	13	claro	55	irmão
14	tu	56	servir	14	quinze	56	gajo
15	certeza	57	conversa	15	medo	57	nenhuma
16	praia	58	surgir	16	médico	58	quarenta
17	televisão	59	enquanto	17	questão	59	oito
18	natural	60	dinda	18	adaptar	60	de
19	causa	61	cliente	19	domingo	61	faltar
20	sítio	62	oito	20	mãe	62	gosto
21	ali	63	onze	21	pai	63	patrão
22	ruita	64	geral	22	atrasado	64	roupa
23	nada	65	fazer	23	serra	65	<b>trauto</b>
24	mão	66	nunca	24	género	66	pois
25	pedir	67	livros	25	chegar	67	direito
26	falta	68	espécie	26	apanhar	68	alunos
27	fábrica	69	térmos	27	entretanto	69	livros
28	inglês	70	imenso	28	ajudar	70	barato
29	verificar	71	empresa	29	<b>miter</b>	71	apenas
30	movimento	72	apenas	30	praça	72	servir
31	mas	73	conhecer	31	miúdos	73	contrário
32	talvez	74	aspecto	32	contar	74	chamar
33	colegas	75	papel	33	esse	75	todos
34	limpar	76	sair	34	assunto	76	pensar
35	vento	77	professor	35	tanto	77	sobretudo
36	fácto	78	malta	36	trazer	78	depois
37	conjunto	79	medo	37	rua	79	saber
38	logo	80	tropa	38	ler	80	filho
39	coitado	81	nosso	39	preciso	81	igreja
40	momento	82	falar	40	época	82	utilizar
41	perto	83	sem	41	raparigas	83	três
42	começar			42	julgar		



LISTA 5				LISTA 6			
1	enquanto	43	música	1	período	43	emprego
2	estado	44	espécie	2	dormir	44	bocadinho
3	sozinho	45	abrir	3	ouvir	45	meio
4	cionar	46	problema	4	acompanhar	46	faltar
5	escolher	47	vila	5	<b>asu</b>	47	sobre
6	gajo	48	porquê	6	chamar	48	trabalhar
7	família	49	olhar	7	olhe	49	passado
8	importar	50	aqui	8	coitado	50	só
9	sério	51	férias	9	natural	51	água
10	tudo	52	muito	10	apresentar	52	crianças
11	fácil	53	país	11	sete	53	fim
12	igreja	54	coisa	12	série	54	duzentos
13	aspecto	55	malta	13	problema	55	oito
14	qualidade	56	tornar	14	levar	56	haver
15	branco	57	pegar	15	baixo	57	por
16	reparar	58	pesca	16	sempre	58	pintar
17	ajudar	59	tão	17	praça	59	facto
18	considerar	60	arte	18	língua	60	falar
19	apenas	61	perguntar	19	várias	61	alunos
20	tratar	62	qualome	20	espécie	62	quadro
21	aí	63	conversar	21	cabeça	63	dizer
22	tia	64	livre	22	fugir	64	servir
23	grola	65	género	23	técnico	65	sentir
24	base	66	pôr	24	realmente	66	<b>sinha</b>
25	mandar	67	professor	25	situação	67	voltar
26	correr	68	fácil	26	manter	68	pão
27	saber	69	comprar	27	<b>múidos</b>	69	trabalhador
28	tarde	70	agarra	28	si	70	grupo
29	cor	71	dentro	29	ele	71	cidade
30	padre	72	entretanto	30	eu	72	gastar
31	passar	73	mercado	31	medo	73	entender
32	capaz	74	estrada	32	mar	74	sessenta
33	realmente	75	ninguém	33	verão	75	vezes
34	quê	76	número	34	mais	76	bastante
35	nível	77	trás	35	cabo	77	pesca
36	partir	78	nome	36	sequer	78	cozinha
37	buscar	79	diferença	37	festa	79	baile
38	Deus	80	aldeia	38	crianças	80	certa
39	dizer	81	câmara	39	palavra	81	lá
40	mas	82	pé	40	impressão	82	tropa
41	parte	83	ver	41	surgir	83	povo
42	sobretudo			42	imenso		

LISTA 7				LISTA 8			
1	aulas	43	limpar	1	longe	43	verdade
2	social	44	dez	2	procurar	44	assim
3	gurla	45	terceiro	3	convencido	45	além
4	linha	46	obra	4	praça	46	grande
5	frente	47	causa	5	<b>buca</b>	47	história
6	oferecer	48	ordenado	6	quinze	48	roupa
7	de	49	mais	7	medo	49	série
8	exemplo	50	número	8	dúvida	50	pessoal
9	espécie	51	estudante	9	apenas	51	casar
10	casar	52	cabo	10	obrigar	52	era
11	parecer	53	crianças	11	resto	53	mais
12	mar	54	carro	12	grupo	54	lindo
13	preferir	55	técnico	13	televisão	55	caro
14	lá	56	pegar	14	clube	56	amigos
15	água	57	comercial	15	entrar	57	cinema
16	desporto	58	problema	16	doente	58	ou
17	nenhuma	59	escola	17	bom	59	procurar
18	olhe	60	metros	18	impressão	60	levantar
19	ponto	61	andar	19	passado	61	parte
20	companhia	62	nada	20	fundo	62	médico
21	contrário	63	pensar	21	cima	63	beber
22	oila	64	novo	22	apresentar	64	língua
23	vida	65	dupida	23	já	65	desde
24	tarde	66	carta	24	Deus	66	considerar
25	atrás	67	preciso	25	país	67	nós
26	seu	68	algum	26	manter	68	santo
27	juntar	69	esta	27	contar	69	<b>roveite</b>
28	entrar	70	geral	28	base	70	quarto
29	mas	71	ai	29	oferecer	71	hotel
30	térmos	72	respeito	30	<b>ontos</b>	72	aspecto
31	cheio	73	contacto	31	mudar	73	medida
32	estrada	74	sequer	32	pé	74	dois
33	portanto	75	vezes	33	mão	75	trinta
34	pão	76	trabalho	34	bem	76	fábrica
35	ambiente	77	muito	35	teatro	77	ambiente
36	alto	78	agarra	36	peixe	78	patrão
37	questão	79	transporte	37	tornar	79	época
38	atender	80	único	38	comer	80	aqui
39	contos	81	dois	39	moderno	81	estudar
40	velho	82	ideia	40	natural	82	sozinho
41	pedir	83	casa	41	pronto	83	nome
42	massa			42	ninguém		

LISTA 9				LISTA 10			
1	lugar	43	difícil	1	verdade	43	mil
2	vinho	44	de	2	longe	44	igual
3	astur	45	indústria	3	cultura	45	difícil
4	empregado	46	grande	4	<b>cafis</b>	46	usar
5	caso	47	medo	5	depois	47	si
6	nenhuma	48	cair	6	vinde	48	cor
7	outro	49	chamar	7	história	49	quanto
8	alguma	50	limpar	8	geral	50	teatro
9	costumar	51	pois	9	sobre	51	interessar
10	maneira	52	obra	10	conversa	52	filho
11	nada	53	baixo	11	tornar	53	vida
12	horas	54	aspecto	12	fundo	54	batata
13	possível	55	ter	13	colegas	55	pois
14	comércio	56	domingo	14	aliás	56	acaso
15	morar	57	toda	15	oferecer	57	corta
16	tu	58	convencido	16	isso	58	câmara
17	facto	59	livre	17	obra	59	pão
18	mãe	60	quatro	18	antigo	60	tomar
19	meu	61	mar	19	procurar	61	parecer
20	perguntar	62	dar	20	pai	62	oito
21	hospital	63	género	21	ninguém	63	especial
22	alunos	64	precisar	22	<b>pidor</b>	64	<b>récio</b>
23	ontem	65	geral	23	pesca	65	coisa
24	fazer	66	nível	24	lindo	66	dezoito
25	penos	67	pintar	25	embora	67	vinho
26	pode	68	zugar	26	nove	68	tropa
27	irmão	69	ainda	27	preço	69	nosso
28	deitar	70	agora	28	raparigas	70	mais
29	nacional	71	malta	29	nascer	71	vestir
30	ái	72	matar	30	depende	72	ái
31	próprio	73	sozinho	31	horível	73	pedra
32	passar	74	imenso	32	sério	74	porquê
33	bocadinho	75	café	33	formar	75	alunos
34	arte	76	pescar	34	livre	76	mexer
35	creio	77	igual	35	creio	77	fábrica
36	sentir	78	dever	36	acontecer	78	ele
37	comigo	79	bocado	37	café	79	desenho
38	qual	80	vontade	38	puxar	80	esta
39	grupo	81	conversar	39	enorme	81	também
40	quarto	82	dezoito	40	amigos	82	espécie
41	embora	83	acompanhar	41	perceber	83	acompanhar
42	sítio			42	calhar		

LISTA 11				LISTA 12			
1	notar	43	novo	1	capaz	43	bater
2	doze	44	raparigas	2	estar	44	mesa
3	dicos	45	país	3	pegar	45	vila
4	dinheiro	46	porquê	4	<b>dontri</b>	46	hoje
5	normal	47	meu	5	existir	47	surgir
6	sério	48	ligar	6	vida	48	espanhol
7	barco	49	sentir	7	contacto	49	igreja
8	cama	50	hospital	8	térmos	50	noite
9	engraçado	51	clube	9	máquina	51	respeito
10	indústria	52	difícil	10	verdade	52	caixa
11	giro	53	profissão	11	sala	53	ter
12	desenho	54	ver	12	duas	54	sempre
13	inverno	55	aqui	13	deitar	55	férias
14	pintar	56	ouvir	14	cultura	56	adaptar
15	período	57	quadro	15	ficar	57	certeza
16	aldeia	58	pão	16	de	58	verificar
17	desde	59	aproveitar	17	carta	59	dez
18	faltar	60	si	18	mão	60	sem
19	conjunto	61	sala	19	base	61	minha
20	ordem	62	férias	20	depende	62	imenso
21	poas	63	claro	21	casar	63	durante
22	usar	64	indimos	22	escrever	64	clube
23	dois	65	género	23	acontecer	65	juntar
24	três	66	falar	24	próprio	66	quadro
25	supor	67	gosto	25	televisão	67	<b>ungri</b>
26	partir	68	companhia	26	geral	68	médico
27	servir	69	irmão	27	pé	69	nem
28	empresa	70	não	28	<b>nias</b>	70	fechar
29	doença	71	dúvida	29	patrão	71	forma
30	escolher	72	ideia	30	relação	72	grande
31	ar	73	bastante	31	seis	73	alguma
32	vender	74	assunto	32	barato	74	porquê
33	explicar	75	relação	33	cozinha	75	vestir
34	certa	76	semana	34	baixo	76	menos
35	qualidade	77	até	35	receber	77	país
36	tu	78	longe	36	particular	78	espera
37	mais	79	volta	37	rapaz	79	qualidade
38	depende	80	tentar	38	fundo	80	trás
39	obrigar	81	ponto	39	oferecer	81	ontem
40	nenhuma	82	pronto	40	ou	82	dúvida
41	saber	83	construção	41	primeiro	83	meses
42	buscar			42	pequenino		

LISTA 13				LISTA 14			
1	tia	43	nascer	1	nascer	43	apanhar
2	doença	44	deixar	2	convencido	44	conforme
3	entril	45	meter	3	<b>raos</b>	45	muito
4	empregado	46	tipo	4	gente	46	barco
5	gastar	47	dinheiro	5	desenho	47	também
6	situação	48	não	6	princípio	48	zona
7	longe	49	beber	7	sentido	49	segundo
8	papel	50	imenso	8	três	50	branco
9	térmos	51	utilizar	9	seis	51	fora
10	importar	52	onze	10	inglês	52	mulher
11	igual	53	meu	11	produto	53	apenas
12	pena	54	duzentos	12	sequer	54	aquela
13	impressão	55	preciso	13	batata	55	nove
14	interesse	56	banho	14	meter	56	imenso
15	também	57	base	15	aqui	57	organizar
16	pois	58	enorme	16	mostrar	58	praia
17	escolher	59	pá	17	diferença	59	normal
18	vezes	60	já	18	mesmo	60	causa
19	mim	61	ai	19	tornar	61	era
20	ouvir	62	baile	20	mal	62	cozinha
21	princípio	63	opinião	21	<b>quinha</b>	63	<b>primpa</b>
22	vir	64	miúdos	22	câmara	64	baixo
23	abrir	65	fora	23	parte	65	sobretudo
24	frente	66	ali	24	servir	66	criar
25	perguntar	67	terise	25	difícil	67	jornal
26	patrão	68	teatro	26	sem	68	comercial
27	vichar	69	eu	27	cair	69	classe
28	forma	70	apanhar	28	resolver	70	tarde
29	exame	71	filho	29	de	71	vestir
30	pensar	72	encontrar	30	colegas	72	pôr
31	tropa	73	si	31	começar	73	alguma
32	série	74	usar	32	setenta	74	querer
33	verdade	75	fugir	33	vinte	75	filho
34	nada	76	querer	34	fábrica	76	marido
35	nove	77	natural	35	igreja	77	último
36	melhor	78	receber	36	papel	78	mas
37	várias	79	região	37	já	79	hospital
38	contrário	80	bocado	38	simples	80	linha
39	viver	81	pessoas	39	espera	81	aldeia
40	sua	82	semana	40	mais	82	cor
41	algum	83	igreja	41	baile	83	geralmente
42	hotel			42	quadro		

LISTA 15				LISTA 16			
1	porquê	43	acabar	1	interesse	43	aqui
2	beber	44	embora	2	meu	44	apanhar
3	carta	45	acho	3	embora	45	sítio
4	família	46	sequer	4	<b>cirta</b>	46	vir
5	dôtos	47	meses	5	ai	47	contra
6	quanto	48	resto	6	mercado	48	importar
7	qual	49	região	7	relação	49	ter
8	lembrar	50	até	8	meter	50	aparecer
9	nascer	51	país	9	desde	51	esquecer
10	exemplo	52	sala	10	medida	52	explicar
11	ficar	53	sentido	11	senhor	53	meses
12	contar	54	lindo	12	certa	54	pensar
13	peçoal	55	qualquer	13	levar	55	assim
14	entretanto	56	diferença	14	diferente	56	apresentar
15	modo	57	seu	15	máquina	57	assunto
16	trabalho	58	mudar	16	terra	58	anos
17	assim	59	terceiro	17	irmão	59	conjunto
18	realmente	60	aparecer	18	semana	60	jogos
19	buscar	61	puxar	19	resto	61	costumar
20	pai	62	professor	20	estar	62	caixa
21	quase	63	bom	21	vender	63	simples
22	próprio	64	algum	22	metros	64	ar
23	quinhentos	65	levar	23	segundo	65	<b>volmaço</b>
24	ponto	66	enfilo	24	<b>prugas</b>	66	mãe
25	secção	67	centro	25	fábrica	67	ninguém
26	prenfa	68	entrar	26	manhã	68	facto
27	jornal	69	muito	27	utilizar	69	empresa
28	continuar	70	linha	28	velho	70	qual
29	novo	71	técnico	29	receber	71	mal
30	deixar	72	cá	30	liceu	72	limpar
31	gosto	73	férias	31	andar	73	domingo
32	idade	74	impossível	32	cantar	74	manter
33	só	75	futebol	33	peixe	75	espécie
34	cem	76	serra	34	problema	76	corta
35	ajudar	77	mal	35	Deus	77	dizer
36	correr	78	impressão	36	perto	78	acompanhar
37	coisa	79	pode	37	vinho	79	três
38	almoço	80	dedicar	38	preciso	80	pedir
39	maneira	81	comboio	39	trinta	81	nível
40	menina	82	dinheiro	40	sobretudo	82	começar
41	sério	83	chamar	41	sua	83	contacto
42	arranjar			42	câmara		

LISTA 17				LISTA 18			
1	pessoas	43	moça	1	cá	43	escola
2	inverno	44	género	2	haver	44	escritório
3	aila	45	sentir	3	mãe	45	fora
4	seguinte	46	diferença	4	<b>ligor</b>	46	utilizar
5	era	47	ele	5	perguntar	47	medo
6	apresentar	48	quilómetros	6	esse	48	falta
7	pior	49	carta	7	conseguir	49	dever
8	reparar	50	ouvir	8	bater	50	direito
9	ninguém	51	série	9	força	51	hospital
10	bom	52	julgar	10	vinho	52	encontrar
11	ar	53	estudar	11	nacional	53	casar
12	sobretudo	54	vender	12	interessar	54	menos
13	claro	55	peça	13	malta	55	obrigar
14	país	56	entrada	14	dentro	56	quinhentos
15	direito	57	tipo	15	ideia	57	mil
16	máquina	58	lado	16	reparar	58	centro
17	interessar	59	mais	17	vento	59	grupo
18	simples	60	fora	18	fugir	60	comércio
19	tentar	61	puxar	19	conversar	61	mandar
20	idade	62	valer	20	peçoal	62	emprego
21	sessenta	63	fácil	21	amigos	63	dez
22	lécos	64	verdade	22	meses	64	<b>adua</b>
23	até	65	precís	23	<b>quine</b>	65	quanto
24	base	66	caso	24	mal	66	compreender
25	tocar	67	muito	25	estrada	67	vila
26	aceitar	68	comer	26	zona	68	povo
27	trás	69	toda	27	nove	69	qualidade
28	nosso	70	miúdos	28	domingo	70	entrar
29	comboio	71	passado	29	praia	71	três
30	momento	72	carro	30	moça	72	mexer
31	vir	73	espécie	31	cozinha	73	padre
32	sapatos	74	moderno	32	calhar	74	saber
33	cheio	75	lá	33	exame	75	ganhar
34	senhor	76	desde	34	não	76	classe
35	mãe	77	meio	35	cultura	77	ligar
36	parte	78	cozinha	36	social	78	cabeça
37	princípio	79	técnico	37	pé	79	sempre
38	horas	80	pão	38	tratar	80	comigo
39	considerar	81	gente	39	onze	81	era
40	desenho	82	doença	40	trabalhar	82	conversa
41	banho	83	chegar	41	vezes	83	crianças
42	levar			42	tarde		

LISTA 19				LISTA 20			
1	carro	43	isso	1	mesa	43	geralmente
2	portanto	44	velho	2	horrível	44	correr
3	lá	45	dormir	3	rua	45	padre
4	inta	46	grupo	4	atrasado	46	custar
5	ler	47	cinquenta	5	<b>fêmes</b>	47	meio
6	inglês	48	aliás	6	entretanto	48	causa
7	aquela	49	partir	7	contacto	49	perto
8	qualidade	50	sete	8	si	50	campo
9	dever	51	bom	9	vista	51	técnico
10	pouco	52	deixar	10	giro	52	lindo
11	pedra	53	curso	11	clube	53	sapatos
12	comboio	54	ir	12	primeiro	54	importante
13	cinco	55	correr	13	ar	55	quatro
14	entre	56	corta	14	ninguém	56	estudo
15	linha	57	mar	15	depois	57	respeito
16	fábrica	58	roupa	16	praça	58	dizer
17	mostrar	59	mercado	17	interesse	59	várias
18	parte	60	gostar	18	frente	60	liceu
19	colégio	61	faltar	19	aldeia	61	sala
20	ou	62	cabeça	20	quase	62	bonito
21	último	63	mão	21	momento	63	<b>azinte</b>
22	cor	64	abrir	22	bom	64	teatro
23	domingo	65	cama	23	anos	65	obra
24	engraçado	66	risto	24	pronto	66	nove
25	cliente	67	movimento	25	importar	67	depende
26	dia	68	interesse	26	<b>versa</b>	68	noite
27	ainda	69	menos	27	número	69	escritório
28	muna	70	máquina	28	minha	70	claro
29	várias	71	sapatos	29	conseguir	71	medida
30	atender	72	arranjar	30	cair	72	conjunto
31	nenhuma	73	verificar	31	desenho	73	mim
32	estar	74	crianças	32	sim	74	escudos
33	perto	75	escudos	33	dezoito	75	nacional
34	acabar	76	horas	34	muito	76	ora
35	não	77	tão	35	tirar	77	então
36	atrás	78	marido	36	moderno	78	esquecer
37	palavra	79	quase	37	bater	79	jogos
38	vender	80	fora	38	mar	80	sozinho
39	vista	81	lindo	39	pois	81	ele
40	doente	82	outro	40	de	82	ganhar
41	chegar	83	espécie	41	dúvida	83	medo
42	sítio			42	carro		



LISTA 21				LISTA 22			
1	especial	43	ordem	1	olhe	43	precisar
2	dez	44	ensino	2	desde	44	menina
3	dolxo	45	precisar	3	preferir	45	atrasado
4	só	46	erro	4	possível	46	seu
5	contra	47	era	5	<b>jempa</b>	47	acho
6	altura	48	organizar	6	alto	48	igual
7	cá	49	quase	7	setenta	49	linha
8	então	50	velho	8	ordenado	50	praia
9	fechar	51	ganhar	9	eu	51	limpar
10	pequeno	52	vida	10	barato	52	ali
11	primeiro	53	coisa	11	doença	53	estação
12	capaz	54	sempre	12	trabalho	54	minha
13	trabalho	55	preciso	13	trás	55	imenso
14	sério	56	raparigas	14	frente	56	região
15	transporte	57	cinco	15	escolher	57	tão
16	noite	58	oferecer	16	pesca	58	ligar
17	enorme	59	estudante	17	tipo	59	receber
18	lado	60	fim	18	alunos	60	carne
19	outro	61	barato	19	convencido	61	buscar
20	baixo	62	escrever	20	matar	62	julgar
21	onze	63	atender	21	domingo	63	calhar
22	mume	64	mão	22	impossível	64	<b>apriso</b>
23	cheio	65	haver	23	sala	65	existir
24	pão	66	normal	24	já	66	médico
25	baile	67	resfe	25	partir	67	primeiro
26	seguinte	68	também	26	tropa	68	dezoito
27	forma	69	irmão	27	<b>nolve</b>	69	verificar
28	alunos	70	lugar	28	condições	70	tanto
29	esperar	71	cor	29	engraçado	71	aceitar
30	género	72	passar	30	quanto	72	contra
31	levar	73	coisa	31	só	73	ficar
32	causa	74	entrar	32	isso	74	meio
33	depois	75	medida	33	lá	75	estar
34	aqui	76	sentir	34	relação	76	explicar
35	calhar	77	duzentos	35	diferença	77	casar
36	seis	78	último	36	hoje	78	grupo
37	emprego	79	quadro	37	ir	79	fazer
38	entrada	80	época	38	cinco	80	todos
39	existir	81	entretanto	39	sete	81	social
40	quarto	82	térmos	40	seguinte	82	até
41	igual	83	ambiente	41	porquê	83	ter
42	teatro			42	dez		

LISTA 23			LISTA 24				
1	brincar	43	situação	1	turismo	43	correr
2	papel	44	aulas	2	próprio	44	qualquer
3	verão	45	apenas	3	cá	45	tia
4	dola	46	número	4	problema	46	tu
5	sem	47	dever	5	etis	47	criar
6	assim	48	talvez	6	ái	48	forma
7	estrada	49	contar	7	certeza	49	tempo
8	ter	50	bater	8	portanto	50	engraçado
9	usar	51	quadro	9	isso	51	cabo
10	duzentos	52	tal	10	perto	52	dormir
11	vir	53	sozinho	11	depois	53	aquela
12	então	54	trabalhador	12	patrão	54	lavar
13	branco	55	isso	13	limpar	55	levantar
14	país	56	dormir	14	cheio	56	região
15	doença	57	aprender	15	professor	57	amanhã
16	acontece	58	miúdos	16	colégio	58	várias
17	creio	59	estação	17	carne	59	claro
18	trás	60	bem	18	cama	60	Deus
19	comercial	61	tornar	19	desenho	61	dia
20	turismo	62	nenhuma	20	comer	62	andar
21	livre	63	metros	21	morar	63	estado
22	sentir	64	runstria	22	nussi	64	várias
23	comprar	65	água	23	manter	65	atender
24	emprego	66	cinema	24	vinho	66	parar
25	pouco	67	terrreno	25	colegas	67	lembrar
26	banho	68	indústria	26	companhia	68	arranjar
27	liceu	69	tão	27	organizar	69	igreja
28	ver	70	história	28	música	70	aulas
29	perguntar	71	limpar	29	sessenta	71	lado
30	menos	72	base	30	lá	72	medo
31	milma	73	aldeia	31	português	73	mundo
32	igual	74	amigos	32	cor	74	pouco
33	arte	75	exemplo	33	tudo	75	mão
34	sequer	76	meses	34	pronto	76	medida
35	trinta	77	giro	35	bocado	77	venco
36	falta	78	portanto	36	ordenado	78	nenhuma
37	cor	79	corta	37	fazer	79	quarenta
38	cima	80	existir	38	quanto	80	interesse
39	verificar	81	possível	39	tanto	81	sim
40	procurar	82	embora	40	vezes	82	ordem
41	tia	83	certa	41	nunca	83	comercial
42	único			42	meses		

LISTA 25				LISTA 26			
1	sequer	43	perceber	1	bom	43	claro
2	correr	44	serra	2	contos	44	logo
3	sessenta	45	ponto	3	<b>conci</b>	45	ver
4	noite	46	andar	4	domingo	46	construção
5	coupo	47	aqui	5	calhar	47	particular
6	simples	48	brincar	6	tal	48	dia
7	feira	49	quatro	7	comboio	49	si
8	tarde	50	entrada	8	depende	50	nível
9	erro	51	bem	9	procurar	51	impressão
10	bom	52	viver	10	interesse	52	obrigar
11	Deus	53	moderno	11	carro	53	organizar
12	era	54	único	12	normal	54	vir
13	horrível	55	tentar	13	roupa	55	adaptar
14	vento	56	difícil	14	doença	56	bater
15	considerar	57	falar	15	praia	57	medo
16	período	58	portanto	16	sozinho	58	serra
17	vida	59	dever	17	melhor	59	série
18	rua	60	valer	18	deitar	60	<b>zaqui</b>
19	crianças	61	ele	19	batata	61	cinco
20	sapatos	62	eu	20	mãe	62	cantar
21	escritório	63	ninguém	21	conversar	63	hospital
22	diferente	64	mal	22	raparigas	64	até
23	nem	65	arranjar	23	<b>nirma</b>	65	depois
24	volta	66	difure	24	perceber	66	arranjar
25	mivo	67	claro	25	facto	67	igual
26	conhecer	68	construção	26	seis	68	tia
27	muito	69	doente	27	sobre	69	além
28	cantar	70	médico	28	continuar	70	causa
29	resolver	71	buscar	29	quase	71	espanhol
30	sentir	72	acabar	30	tarde	72	relação
31	estrada	73	mercado	31	você	73	nem
32	modo	74	notar	32	reparar	74	geral
33	colegas	75	duzentos	33	contrário	75	sala
34	notar	76	emprego	34	conhecer	76	clube
35	nunca	77	coitado	35	eu	77	parte
36	preço	78	mãe	36	contra	78	pode
37	vender	79	ordenado	37	cliente	79	vila
38	Deus	80	família	38	levantar	80	antes
39	branco	81	minha	39	alunos	81	lembrar
40	metros	82	social	40	escolher	82	tornar
41	marido	83	roupa	41	supor	83	diferença
42	comercial			42	trabalho		

LISTA 27			LISTA 28				
1	barco	43	região	1	mercado	43	santo
2	esquecer	44	acompanhar	2	bem	44	barco
3	cirlo	45	aprender	3	fora	45	sempre
4	ambiente	46	ainda	4	<b>dilvas</b>	46	volta
5	pode	47	vento	5	claro	47	tempo
6	igual	48	vontade	6	levantar	48	juntar
7	julgar	49	menos	7	impossível	49	embora
8	educação	50	brincar	8	curso	50	sapatos
9	pouco	51	cama	9	jornal	51	lugar
10	já	52	cinema	10	terra	52	lindo
11	volta	53	enfim	11	nacional	53	atender
12	assunto	54	pensar	12	ler	54	ái
13	trabalhar	55	estar	13	cinco	55	ora
14	pessoas	56	primeiro	14	desenho	56	já
15	apresentar	57	caso	15	tratar	57	natural
16	vinho	58	mar	16	não	58	assim
17	futebol	59	doente	17	nascer	59	arte
18	antigo	60	sítio	18	bater	60	branco
19	até	61	roupa	19	qualidade	61	pena
20	ái	62	dedicar	20	notar	62	clube
21	noite	63	ler	21	aquela	63	filme
22	exóme	64	quarto	22	durante	64	seis
23	trás	65	partir	23	diferente	65	<b>tacata</b>
24	menos	66	sumplos	24	encontrar	66	almoço
25	coisa	67	várias	25	<b>fumal</b>	67	português
26	ficar	68	cinco	26	seu	68	pé
27	continuar	69	ensino	27	género	69	cair
28	verão	70	tratar	28	esquecer	70	costumar
29	passado	71	pão	29	medida	71	vento
30	comércio	72	aldeia	30	cantar	72	cama
31	tu	73	época	31	companhia	73	vontade
32	nível	74	tudo	32	pai	74	desporto
33	ontem	75	mandar	33	alto	75	quase
34	giro	76	onze	34	organizar	76	trabalhar
35	domingo	77	lavar	35	estação	77	contacto
36	importar	78	hotel	36	cento	78	quarenta
37	atrasado	79	jornal	37	duas	79	bom
38	tão	80	máquina	38	enorme	80	assunto
39	filme	81	dar	39	liceu	81	pintar
40	abrir	82	condições	40	causa	82	exemplo
41	conversa	83	sentir	41	entre	83	fácil
42	certa			42	ordenado		

LISTA 29			LISTA 30				
1	ordem	43	qualquer	1	meses	43	tirar
2	filme	44	diferença	2	maior	44	por
3	campo	45	fazer	3	<b>pirfo</b>	45	pá
4	estação	46	coitado	4	cozinha	46	logo
5	vuria	47	possível	5	mar	47	doutor
6	homem	48	fundo	6	último	48	assunto
7	conforme	49	logo	7	ali	49	período
8	criar	50	ajudar	8	máquina	50	ora
9	onze	51	mas	9	vontade	51	duzentos
10	tentar	52	ler	10	pequeno	52	quilômetros
11	coisa	53	surgir	11	enquanto	53	compreender
12	contrário	54	medida	12	levantar	54	bonito
13	meter	55	almoço	13	carta	55	mostrar
14	vontade	56	matar	14	este	56	princípio
15	Deus	57	creio	15	outro	57	corta
16	peça	58	moça	16	vestir	58	ai
17	estudo	59	conhecer	17	particular	59	minha
18	difícil	60	dever	18	para	60	sítio
19	fim	61	velho	19	baixo	61	peça
20	base	62	costumar	20	mim	62	mãe
21	zonha	63	inglês	21	razão	63	notar
22	ficar	64	cá	22	doente	64	padre
23	subir	65	chilar	23	acaso	65	sem
24	educação	66	não	24	obra	66	ligar
25	calhar	67	nem	25	mão	67	<b>runos</b>
26	maneira	68	gente	26	cento	68	estação
27	conversar	69	estrada	27	conforme	69	sapatos
28	ideia	70	barato	28	alunos	70	teatro
29	técnico	71	também	29	verdade	71	morrer
30	comercial	72	dezoito	30	pôr	72	obrigar
31	pois	73	pescar	31	perguntar	73	mesa
32	baile	74	ensino	32	aquela	74	diferença
33	mesa	75	música	33	abrir	75	vinho
34	interessar	76	situação	34	<b>pelcone</b>	76	faltar
35	juntar	77	talvez	35	estudar	77	moça
36	caro	78	desde	36	país	78	mulher
37	aspecto	79	causa	37	portanto	79	buscar
38	ir	80	ambiente	38	caro	80	tudo
39	tocar	81	tudo	39	criar	81	importante
40	direito	82	além	40	seguinte	82	banco
41	máquina	83	metros	41	além	83	esse
42	pessoal			42	volta		

Lista 31			
1	longe	43	cliente
2	velho	44	semana
3	fentão	45	pão
4	horrível	46	carro
5	pena	47	ponto
6	tornar	48	próprio
7	limpar	49	costumar
8	vila	50	espera
9	classe	51	aparecer
10	terreno	52	mãe
11	construção	53	custar
12	último	54	alto
13	querer	55	gastar
14	enorme	56	meses
15	brincar	57	empregado
16	transporte	58	melhor
17	ou	59	faltar
18	receber	60	juntar
19	mar	61	ipiar
20	falar	62	roupa
21	batata	63	ensinar
22	fugir	64	doença
23	conversar	65	buscar
24	avumes	66	obrigar
25	cem	67	baile
26	pescar	68	acabar
27	mundo	69	aliás
28	lugar	70	fazer
29	comigo	71	água
30	período	72	com
31	medo	73	peçoal
32	mulher	74	só
33	entender	75	começar
34	pensar	76	bocadinho
35	material	77	pôr
36	servir	78	Deus
37	estudante	79	praia
38	mil	80	ontem
39	comercial	81	ordem
40	horas	82	mostrar
41	vento	83	nascer
42	relação		



## TESTE DE ARTICULAÇÃO DE PALAVRAS

NOME ..... IDADE .....

IGREJA ..... POSIÇÃO .....

1 -	36 -	71 -
2 -	37 -	72 -
3 -	38 -	73 -
4 -	39 -	74 -
5 -	40 -	75 -
6 -	41 -	76 -
7 -	42 -	77 -
8 -	43 -	78 -
9 -	44 -	79 -
10 -	45 -	80 -
11 -	46 -	81 -
12 -	47 -	82 -
13 -	48 -	83 -
14 -	49 -	
15 -	50 -	
16 -	51 -	
17 -	52 -	
18 -	53 -	
19 -	54 -	
20 -	55 -	
21 -	56 -	
22 -	57 -	
23 -	58 -	
24 -	59 -	
25 -	60 -	
26 -	61 -	
27 -	62 -	
28 -	63 -	
29 -	64 -	
30 -	65 -	
31 -	66 -	Número de palavras certas:
32 -	67 -	
33 -	68 -	
34 -	69 -	
35 -	70 -	









Nº	Igreja	Posição	Distância ao Altar (m)	Distância ao Púlpito	Altura do Púlpito (m)	RASTI Altar médio	RASTI Púlpito médio	RASTI Instalação Sonora médio	P80 médio (Nº)
1	Lapa	A	4.50	23.20	5.13	0.64	0.23	0.53	79
1	Lapa	B	18.90	12.20	5.13	0.36	0.34	0.45	70
1	Lapa	C	29.70	-6.80	5.13	0.26	0.40	0.43	55
1	Lapa	D	41.50	-17.30	5.13	0.26	0.32	0.44	37
2	Clérigos	A	3.80	8.60	4.45	0.55	0.38	0.50	79
2	Clérigos	B	7.40	5.90	4.45	0.40	0.44	0.55	75
2	Clérigos	C	13.20	-10.43	4.45	0.33	0.34	0.55	76
2	Clérigos	D	20.40	-15.73	4.45	0.24	0.24	0.49	67
3	S. Ildefonso	A	3.20	11.10	4.05	0.75	0.29	0.67	79
3	S. Ildefonso	B	8.70	8.40	4.05	0.48	0.39	0.46	79
3	S. Ildefonso	C	13.10	-4.70	4.05	0.36	0.46	0.38	76
3	S. Ildefonso	D	19.60	-9.20	4.05	0.33	0.36	0.45	76
4	Stmº Sacramen	A	4.30	6.90	3.85	0.63	0.45	0.33	78
4	Stmº Sacramen	B	11.90	4.10	3.85	0.37	0.39	0.43	77
4	Stmº Sacramen	C	19.00	-10.60	3.85	0.27	0.29	0.45	73
4	Stmº Sacramen	D	27.90	-18.70	3.85	0.26	0.24	0.42	69
5	Gondarém	A	5.40	0.00	-	0.62	-	0.42	79
5	Gondarém	B	11.00	0.00	-	0.48	-	0.42	79
5	Gondarém	C	15.50	0.00	-	0.46	-	0.39	76
5	Gondarém	D	23.20	0.00	-	0.39	-	0.39	76
6	S. Francisco	A	4.60	4.40	3.87	0.75	0.60	0.56	79
6	S. Francisco	B	11.95	11.10	3.87	0.54	0.47	0.57	77
6	S. Francisco	C	19.70	-18.30	3.87	0.46	0.39	0.58	77
6	S. Francisco	D	26.50	-25.30	3.87	0.44	0.36	0.57	70
7	Grilos	A	8.00	7.20	3.6	0.44	0.50	0.33	76
7	Grilos	B	14.00	5.90	3.6	0.32	0.49	0.42	74
7	Grilos	C	19.40	-12.20	3.6	0.27	0.37	0.39	68
7	Grilos	D	23.60	-14.30	3.6	0.27	0.26	0.43	66
8	S. Bento Vitor	A	5.50	5.20	3.85	0.66	0.60	0.49	78
8	S. Bento Vitor	B	11.50	7.90	3.85	0.47	0.59	0.50	77
8	S. Bento Vitor	C	16.30	-9.90	3.85	0.41	0.47	0.48	71
8	S. Bento Vitor	D	22.50	-16.90	3.85	0.35	0.39	0.46	70
9	Nevogilde	A	6.50	6.40	3.6	0.60	0.52	0.60	79
9	Nevogilde	B	9.50	3.40	3.6	0.53	0.53	0.52	79
9	Nevogilde	C	13.75	-5.10	3.6	0.48	0.52	0.48	77
9	Nevogilde	D	16.60	-6.30	3.6	0.49	0.50	0.44	77
10	Sé do Porto	A	6.50	0.00	-	0.62	-	0.48	77
10	Sé do Porto	B	13.80	0.00	-	0.39	-	0.34	77
10	Sé do Porto	C	24.20	0.00	-	0.33	-	0.32	67
10	Sé do Porto	D	31.50	0.00	-	0.30	-	0.29	65

Nº	Igreja	Posição	Distância ao Altar (m)	Distância ao Púlpito	Altura do Púlpito (m)	RASTI Altar médio	RASTI Púlpito médio	RASTI Instalação Sonora médio	P80 médio (Nº)
11	StªClara	A	8.40	6.40	3.62	0.67	0.54	0.65	78
11	StªClara	B	12.30	2.45	3.62	0.54	0.61	0.65	79
11	StªClara	C	17.50	-7.50	3.62	0.48	0.59	0.67	78
11	StªClara	D	22.70	-10.60	3.62	0.55	0.52	0.67	79
12	CedofeitaNov	A	5.00	-	-	0.51	-	0.40	78
12	CedofeitaNov	B	10.50	-	-	0.45	-	0.37	75
12	CedofeitaNov	C	15.30	-	-	0.41	-	0.40	75
12	CedofeitaNov	D	20.40	-	-	0.37	-	0.41	75
13	RomânCedofei	A	3.25	-	-	0.48	-	0.43	79
13	RomânCedofei	B	6.10	-	-	0.41	-	0.34	76
13	RomânCedofei	C	8.54	-	-	0.34	-	0.32	72
13	RomânCedofei	D	13.00	-	-	0.30	-	0.34	66
14	NªSrªBoaVist	A	4.40	-	-	0.51	-	0.38	78
14	NªSrªBoaVist	B	7.70	-	-	0.40	-	0.34	78
14	NªSrªBoaVist	C	12.50	-	-	0.38	-	0.40	71
14	NªSrªBoaVist	D	17.20	-	-	0.34	-	0.39	70
15	Serra Pilar	A	14.75	7.50	3.85	0.29	0.47	0.40	70
15	Serra Pilar	B	20.40	14.10	3.85	0.23	0.31	0.37	71
15	Serra Pilar	C	22.80	-15.10	3.85	0.20	0.31	0.29	68
15	Serra Pilar	D	27.40	-22.40	3.85	0.20	0.26	0.35	61
16	Grijó	A	4.60	9.70	3.51	0.72	0.46	0.54	80
16	Grijó	B	10.60	3.70	3.51	0.45	0.66	0.47	78
16	Grijó	C	17.40	-8.80	3.51	0.37	0.51	0.47	72
16	Grijó	D	25.20	-14.10	3.51	0.36	0.32	0.48	71
17	Tibães	A	6.70	11.40	3.65	0.64	0.40	0.42	79
17	Tibães	B	15.80	3.70	3.65	0.46	0.65	0.50	77
17	Tibães	C	25.80	-11.30	3.65	0.35	0.46	0.47	61
17	Tibães	D	33.60	-17.70	3.65	0.34	0.36	0.48	67
18	SéBraga	A	9.80	6.30	3.7	0.54	0.46	0.48	78
18	SéBraga	B	20.70	15.70	3.7	0.39	0.37	0.43	73
18	SéBraga	C	31.10	-26.20	3.7	0.33	0.30	0.43	72
18	SéBraga	D	41.40	-36.50	3.7	0.36	0.32	0.39	66
19	Pombeiro	A	5.70	4.50	4.15	0.62	0.64	0.48	79
19	Pombeiro	B	11.30	5.30	4.15	0.48	0.46	0.45	78
19	Pombeiro	C	17.30	-11.00	4.15	0.42	0.38	0.44	76
19	Pombeiro	D	23.80	-16.80	4.15	0.40	0.32	0.42	73
20	Marco	A	7.30	0.00	-	0.27	-	0.30	78
20	Marco	B	11.50	0.00	-	0.18	-	0.27	68
20	Marco	C	16.80	0.00	-	0.22	-	0.24	71
20	Marco	D	22.30	0.00	-	0.21	-	0.24	68

Nº	Igreja	Posição	Distância ao Altar (m)	Distância ao Púlpito	Altura do Púlpito (m)	RASTI Altar médio	RASTI Púlpito médio	RASTI Instalação Sonora médio	P80 médio (Nº)
21	Bustelo	A	5.80	8.30	3.85	0.52	0.43	0.43	77
21	Bustelo	B	12.30	4.90	3.85	0.33	0.54	0.40	72
21	Bustelo	C	19.80	-11.60	3.85	0.33	0.35	0.35	69
21	Bustelo	D	29.20	-19.10	3.85	0.33	0.28	0.36	70
22	Cête	A	5.15	-	-	0.46	-	0.39	77
22	Cête	B	11.10	-	-	0.41	-	0.42	69
22	Cête	C	17.00	-	-	0.34	-	0.51	70
22	Cête	D	23.20	-	-	0.38	-	0.46	72
23	Paço de Sous	A	6.80	-	-	0.50	-	0.45	78
23	Paço de Sous	B	12.80	-	-	0.41	-	0.41	76
23	Paço de Sous	C	17.50	-	-	0.38	-	0.41	68
23	Paço de Sous	D	23.00	-	-	0.31	-	0.40	67
24	CabeçaSanta	A	5.60	-	-	0.54	-	0.54	78
24	CabeçaSanta	B	9.10	-	-	0.43	-	0.45	78
24	CabeçaSanta	C	12.40	-	-	0.42	-	0.45	78
24	CabeçaSanta	D	15.00	-	-	0.43	-	0.43	77
25	MostFerreira	A	6.30	-	-	0.48	-	0.49	79
25	MostFerreira	B	11.80	-	-	0.36	-	0.38	68
25	MostFerreira	C	16.40	-	-	0.33	-	0.40	71
25	MostFerreira	D	20.90	-	-	0.32	-	0.37	68
26	S.JoãoBaptis	A	7.30	14.50	4.19	0.57	0.36	0.43	78
26	S.JoãoBaptis	B	16.30	6.40	4.19	0.41	0.55	0.60	72
26	S.JoãoBaptis	C	23.40	-6.80	4.19	0.37	0.49	0.54	69
26	S.JoãoBaptis	D	29.80	-9.60	4.19	0.31	0.34	0.46	65
27	Marquês	A	9.40	-	-	0.35	-	0.29	75
27	Marquês	B	15.00	-	-	0.31	-	0.34	71
27	Marquês	C	22.00	-	-	0.28	-	0.32	67
27	Marquês	D	28.60	-	-	0.20	-	0.30	65
28	StªMªAzurara	A	7.90	6.50	2.6	0.51	0.48	0.41	78
28	StªMªAzurara	B	13.60	3.40	2.6	0.42	0.54	0.42	77
28	StªMªAzurara	C	19.10	-8.20	2.6	0.34	0.45	0.48	73
28	StªMªAzurara	D	24.70	-13.00	2.6	0.35	0.36	0.46	72
29	IMV.Conde	A	6.50	8.20	3.75	0.62	0.49	0.51	79
29	IMV.Conde	B	13.30	3.60	3.75	0.48	0.67	0.54	78
29	IMV.Conde	C	19.70	-8.70	3.75	0.40	0.48	0.52	73
29	IMV.Conde	D	26.30	-14.60	3.75	0.47	0.40	0.52	71
30	S.PedroRates	A	5.25	-	-	0.52	-	0.42	77
30	S.PedroRates	B	9.30	-	-	0.41	-	0.35	76
30	S.PedroRates	C	12.95	-	-	0.37	-	0.36	71
30	S.PedroRates	D	15.45	-	-	0.36	-	0.37	67

Nº	Igreja	Posição	Distância ao Altar (m)	Distância ao Púlpito	Altura do Púlpito (m)	RASTI Altar médio	RASTI Púlpito médio	RASTI Instalação Sonora médio	P80 médio (Nº)
31	S.ClaraVilaC	A	7.60	6.50	3.7	0.53	0.49	0.54	76
31	S.ClaraVilaC	B	12.10	6.20	3.7	0.44	0.54	0.55	72
31	S.ClaraVilaC	C	15.50	-5.10	3.7	0.40	0.55	0.56	72
31	S.ClaraVilaC	D	20.10	-10.60	3.7	0.38	0.52	0.52	73





Igreja	Lapa (Porto)	Clérigos (Porto)	S. Ildefonso (Porto)	Stmº Sacramento (Porto)
Volume Total (m3)	11423	5130	3813	6816
Volume Nave (m3)	8787	4032	2808	4894
Area Total (m2)	753	273	297	510
Area Nave (m2)	542	212	176	333
Comprimento máx (m)	52.5	33.9	32.5	40.7
Comprimento Nave (m)	36.4	23.5	21	26.8
Altura máx (m)	17	20	20	15.5
Altura Nave (m)	16.2	19	16.4	14.7
Largura Nave (m)	14.9	10.7	10.7	13
Largura média (m)	14.9	9.5	9.5	13
Altura média total (m)	15.2	18.8	12.8	13.4
Absorção Total (m2)	328	112	166	233
Coefficiente Absorção médio	0.076	0.061	0.146	0.085
Igreja	Gondarém (Porto)	S. Francisco (Porto)	Grilos (Porto)	S. Bento Vitória (Porto)
Volume Total (m3)	3904	12045	14497	30380
Volume Nave (m3)	1904	11120	10550	26146
Area Total (m2)	673	813	962	1230
Area Nave (m2)	359	735	294	1137
Comprimento máx (m)	36	46.8	48.5	63.3
Comprimento Nave (m)	16	40.7	32	46.4
Altura máx (m)	5.9	18	21	25
Altura Nave (m)	5.3	15.1	21	23
Largura Nave (m)	17	18.2	9.2	24.5
Largura média (m)	19	19.4	14.7	24.5
Altura média total (m)	5.8	14.8	15.1	24.7
Absorção Total (m2)	210	962	375	457
Coefficiente Absorção médio	0.106	0.213	0.068	0.065
Igreja	Nevogilde (Porto)	Sé do Porto	Stª Clara (Porto)	Cedofeita Nova (Porto)
Volume Total (m3)	1137	15260	2491	8470
Volume Nave (m3)	673	11232	2022	6578
Area Total (m2)	176	982	222	966
Area Nave (m2)	96	711	173	781
Comprimento máx (m)	26	62.2	26.7	34.3
Comprimento Nave (m)	13	42.3	18.6	28.6
Altura máx (m)	8.6	22.3	12.9	13.4
Altura Nave (m)	8.6	15.8	11.7	8.6
Largura Nave (m)	7.4	15	9.4	25.7
Largura média (m)	6.6	17.6	9.4	28.8
Altura média total (m)	6.5	15.5	11.2	8.8
Absorção Total (m2)	103	261	236	341
Coefficiente Absorção médio	0.152	0.047	0.23	0.101

Igreja	S.Martinho Cedofeita (Porto)	NªSrªBoaVista (Porto)	Serra Pilar (Vila Nova de Gaia)	Grijó (Vila Nova de Gaia)
Volume Total (m3)	1117	3740	11566	13818
VolumeNave (m3)	922	3108	10400	6393
Area Total (m2)	126	499	591	722
Area Nave (m2)	92	406	408	307
Comprimento máx (m)	23	23.4	37.2	49
Comprimento Nave (m)	15.6	16.8	26	31.3
Altura máx (m)	10.7	7.9	35.1	21.5
Altura Nave (m)	10	7.7	26	21.5
Largura Nave (m)	5.9	26.1	22.8	9.8
Largura média (m)	5.9	24.2	20.2	15
Altura média total (m)	8.9	7.5	19.6	19.1
Absorção Total (m2)	21	152	228	224
Coefficiente Absorção médio	0.03	0.083	0.069	0.059
Igreja	Tibães	SéBraga	Pombeiro (Felgueiras)	Marco de Canavezes
Volume Total (m3)	8608	13662	11380	8994
VolumeNave (m3)	5416	9526	9009	5953
Area Total (m2)	595	1300	882	549
Area Nave (m2)	322	865	556	361
Comprimento máx (m)	47	59.4	49.5	30
Comprimento Nave (m)	30.3	48.6	28.5	22
Altura máx (m)	19.3	16.5	18	16.5
Altura Nave (m)	16.8	15	16	16.5
Largura Nave (m)	9.4	17.8	19.5	16.4
Largura média (m)	10.4	17.8	15.3	16.4
Altura média total (m)	14.5	10.5	12.9	16.4
Absorção Total (m2)	259	196	168	132
Coefficiente Absorção médio	0.073	0.034	0.04	0.044
Igreja	Bustelo (Penafiel)	Cête (Paredes)	Paço de Sousa	CabeçaSanta
Volume Total (m3)	6476	1515	6028	751
VolumeNave (m3)	5166	1201	4564	558
Area Total (m2)	515	155	546	108
Area Nave (m2)	401	110	397	69
Comprimento máx (m)	46	28.7	43	17.9
Comprimento Nave (m)	32.2	20.2	25.1	11.6
Altura máx (m)	16.1	11.8	16.8	8.7
Altura Nave (m)	14.9	10.9	11.5	8.1
Largura Nave (m)	10.5	5.4	15.9	5.9
Largura média (m)	12.6	5.4	15.9	5.9
Altura média total (m)	12.6	9.8	11	7
Absorção Total (m2)	226	50	119	40
Coefficiente Absorção médio	0.091	0.054	0.047	0.07

Igreja	Mosteiro de Ferreira	S.JoãoBaptista (Porto)	Marquês (Porto)	StªMªAzurara
Volume Total (m3)	2912	6048	12532	7212
VolumeNave (m3)	2301	3390	9065	6562
Area Total (m2)	233	412	1011	604
Area Nave (m2)	169	219	725	546
Comprimento máx (m)	29.4	35.7	49	43.8
Comprimento Nave (m)	19.3	24.3	39	32.5
Altura máx (m)	14.5	16.7	17	15
Altura Nave (m)	13.6	16.7	15	13
Largura Nave (m)	8.7	9	18.6	16.8
Largura média (m)	8.7	9	22	16.8
Altura média total (m)	12.5	14.7	12.4	11.9
Absorção Total (m2)	72	230	183	165
Coefficiente Absorção médio	0.055	0.1	0.044	0.067
Igreja	Igreja Matriz (Vila Conde)	S.PedroRates	S.Clara (Vila Conde)	
Volume Total (m3)	8408	3918	5394	
VolumeNave (m3)	6991	3386	2448	
Area Total (m2)	802	427	458	
Area Nave (m2)	633	364	196	
Comprimento máx (m)	44	31.5	28.6	
Comprimento Nave (m)	34.8	22.7	18.3	
Altura máx (m)	12.5	12.9	13.8	
Altura Nave (m)	11	9.3	13.8	
Largura Nave (m)	18.2	16	10.7	
Largura média (m)	18.2	16	15.5	
Altura média total (m)	10.5	9.2	11.8	
Absorção Total (m2)	199	94	146	
Coefficiente Absorção médio	0.06	0.044	0.058	

**Anexo I**

---

**Estilos arquitectónicos em que as Igrejas se enquadram**

Igreja Número	Nome da Igreja	Estilo Arquitectónico	Época
1	Lapa - Porto	Neoclássico	séc. XVIII-XIX
2	Clérigos - Porto	Barroco	séc. XVII-XVIII
3	Santo Ildefonso - Porto	Neoclássico	séc. XVIII
4	Santíssimo Sacramento - Porto	Contemporâneo	séc. XX
5	Gondarém - Porto	Contemporâneo	séc. XX
6	São Francisco - Porto	Barroco	séc. XVIII
7	Grilos - Porto	Neoclássico/Renascença	séc. XVII-XVIII
8	São Bento da Vitória - Porto	Neoclássico	séc. XVII-XVIII
9	São Miguel de Nevogilde - Porto	Barroco (avançado-Joanino)	séc. XVIII
10	Sé do Porto	Românico	séc. XII-XIII
11	Santa Clara - Porto	Barroco	séc. XVII,XVIII
12	Cedofeita (nova) - Porto	Contemporâneo	séc. XX
13	São Martinho de Cedofeita	Românico	séc. XII
14	Nossa Senhora da BoaVista - Porto	Contemporâneo	séc. XX
15	Serra do Pilar - Vila Nova de Gaia	Renascença	séc. XVI-XVII
16	Grijó - Vila Nova de Gaia	Barroco	séc. XVI
17	Tibães - Braga	Barroco	séc. XVII-XVIII
18	Sé de Braga	Românico	séc. XII-XIII
19	Pombeiro - Felgueiras	Barroco	séc. XVIII
20	Marco de Canavezes	Contemporâneo	séc. XX
21	Bustelo - Penafiel	Barroco	séc. XVII-XVIII
22	Cête - Paredes	Gótico	séc. XIII-XV
23	Paço de Sousa - Penafiel	Gótico	séc. XIII-XV
24	Cabeça Santa - Penafiel	Românico	séc. XII-XIII
25	São Pedro de Ferreira-Paços Ferreira	Românico	séc. XII-XIII
26	São João Baptista - Porto	Neoclássico	séc. XVII
27	Nossa Senhora Conceição - Porto	Contemporâneo	séc. XX
28	Santa Maria da Azurara - Azurara	Gótico	séc. XIII-XV
29	Vila do Conde (Matriz)	Gótico	séc. XIII-XV
30	São Pedro de Rates - Póvoa do Varzim	Românico	séc. XII-XIII
31	Santa Clara - Vila Conde	Gótico	séc. XIV



### INQUÉRITO À INTELIGIBILIDADE DA PALAVRA EM IGREJAS

(Fac. Eng. Univ. Porto - Inst. Port. do Património Arq.-Esc. de Música e das Artes do Espect. do IPP)

*Por favor, faça um RASGO NO BORDO DO PAPEL no local adequado da sua resposta*

A VOZ (a Homília e as Leituras):

IDADE (ANOS):

	Ouve-se e compreende-se MUITO MAL	MENOS DE 30 ANOS	
	Ouve-se e compreende-se MAL	DE 30 A 44 ANOS	
	Ouve-se e compreende-se BEM	DE 45 A 59 ANOS	
	Ouve-se e compreende-se MUITO BEM	MAIS DE 60 ANOS	

### LOCAL ONDE ESTÁ HOJE NA IGREJA:

ATRÁS NA IGREJA (5 últimas filas da igreja)	NO MEIO DA IGREJA (filas do meio da igreja)	À FRENTE NA IGREJA (5 filas mais perto do altar)